



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

SZAKDOLGOZAT

Ergonomikus kijelzők mikrokontrolleres környezetben

OE-AMK

2024

Hallgató neve: Dreska Szilárd

Hallgató törzskönyvi száma: T000361/FI12904/A-M



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Mérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Dreska Szilárd

Szaktervezési száma: SZD2405221037084499

Törzskönyvi száma: T000361/FI12904/A-M

Neptun kódja:

Szak: villamosmérnöki (Székesfehérvár)

Specializáció: Hardver eszközök

Információ technológia rendszerek

A dolgozat címe: Ergonomikus kijelzők mikrokontroller környezetben

A dolgozat címe angolul: Microcontroller Systems with Ergonomic Displays

A feladat részletezése: A szakdolgozat célja egy speciális kijelző vezérlésének, működtetésének megvalósítása, amikor is egy adott rendszerben keletkező adatokat egy mikrokontroller összesíti, kijelzőorientáltan optimalizálja és ezek alapján jeleníti meg az információkat. A megvalósítás során különös hangsúlyt kell fektetni arra, hogy a megjelenítés egyszerű, könnyen értelmezhető, ergonomiku legyen.

Intézményi konzulens neve: Dr. Györök István György

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 07. 10.

Beadási határidő: 2024. 05. 15.

A szakdolgozat: Titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2024. 05. 22.



Intézetigazgató helyettes

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2024. 05. 22.

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

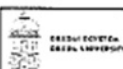
HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Dreska Szilárd kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Bodajk, 2024. 05.22

.....
hallgató aláírása

Titkosítási kérelem



Alba Regia Műszaki Kar

TITKOSÍTÁSI KÉRELEM

Alulírott

Dreska Szilárd



az

Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar

Villamosmérnök alapképzési szak

magyar nyelvű, levelező munkarendű képzésének

hallgatója kérem,

az általam elkészített

Ergonomikus kijelzők mikrokontroller környezetben című

szakdolgozat

az Óbudai Egyetem Tanulmányi ügyrendje 8.11. §-a szerinti

titkosítását,

és annak határozatlan időtartamú titkos kezelését,

tekintettel arra, hogy a dolgozatomhoz adatot, információt szolgáltató SEWS-CE Kft

és IMC Soft Kft.

a birtokomba került információkra vonatkozóan titoktartásra kötelezett, melyről szóló

igazolást jelen kérelmemhez mellékelem.

Kelt: Bodajk, 2024.05.14.



hallgató

Elfogadva.

intézetigazgató
helyettes

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	1
2.	SEWS-CE automata összeszerelő folyamat leírása	3
2.1	Összeszerelő terület bemutatása	3
2.2	Automata összeszerelő gép bemutatása	4
2.2.1	Az operátor üzemeltetéssel kapcsolatos feladatai, mikromegállások	7
2.2.2	Tesztgyártás az M58 összeszerelő gépen, az eredmények értékelése	8
2.3	A jelenlegi ember-gép kapcsolati rendszerek ergonómiai értékelése	10
2.3.1	Az ergonómia fogalma és az ergonómiai szemlélet lényege	10
2.3.2	A munkahelyek ergonómia szemléletű értékelésének céljai és vizsgálati módszerei	11
2.3.3	A munkahely ergonómia vizsgálatának eredménye, értékelése	13
2.3.4	Összefoglalás	20
2.3.5	Megoldási javaslatok	20
3.	Az összeszerelő gépben végrehajtandó átalakítások	21
3.1	Az összeszerelő gépben előforduló alkatrész alakadások kezelése	21
3.1.1	A hibajelenség leírása	21
3.1.2	A PLC program módosítása.....	22
3.1.3	A HMI módosítása.....	23
3.2	A HMI kijelző átalakítása alapanyaghiány és gépállás esetén	24
3.3	A végrehajtott módosítások értékelése	25
4.	Az összeszerelő gépbe integrálható megoldás megvalósítása	27
4.1	A tervezett eszköz bemutatása	27
4.2	M58 gépállapot figyelő eszköz megvalósítása	29

4.2.1	Felhasznált eszközök bemutatása	29
4.2.2	Kapcsolás megvalósítása	33
4.2.3	Jeltovábbító program megvalósítása.....	35
4.2.4	Jeltovábbító eszköz tesztelése.....	38
4.2.5	M58 Gépállapot figyelő alkalmazás megvalósítása.....	42
4.2.6	M58 Gépállapot figyelő alkalmazás tesztelése.....	47
5.	Fejlesztési lehetőségek.....	51
6.	Összefoglalás	53
7.	Summary.....	54
8.	Irodalomjegyzék	55
9.	Ábrajegyzék	56

1. BEVEZETÉS

Az iparban a fejlődés mindig az egyre nagyobb fokú automatizálás irányába mutatott. Ezt tette lehetővé a nagy darabszámú sorozatgyártást, ez növeli a hatékonyságot és ez segíti elő a gyártási költségek csökkentését. Azonban a nagy mértékben automatizált gyártási folyamatokból sem minden esetben zárható ki teljesen az emberi munkaerő jelenléte. Nagyon sok olyan gyártási vagy gyártást támogató folyamat van, amelyet egyszerűbb és olcsóbb emberi munkaerővel megvalósítani, mint automatizálni. Ilyenek feladatok az anyagmozgatás, egyes csomagolási műveletek, és a legfontosabb, a gyártási folyamat közben előforduló hibák felismerése és elhárítása. Emiatt a gépkezelők szerepe (továbbiakban: operátor) még mindig nagyon fontos az iparban. Az emberi munkaerő nagy előnye a gépi gyártással szemben, hogy az emberek nem csak speciális, előre programozott feladatok ellátására alkalmasak, gyorsan betaníthatók új munkafolyamatokra, és gyorsan tudnak reagálni a gyártásban esetlegesen előforduló változásokra, hibákra.

Az emberi munkaerő alkalmazásának azonban vannak olyan szempontja is, amellyel a tisztán gépi vagy automatizált gyártásnál soha nem kell számolni, ezek pedig az emberi test biológiai és pszichológiai igényei. Ez nem csak azt jelenti, hogy biztonságos munkahelyeket kell kialakítani, minimalizálva az egészségkárosodás kockázatát, hanem azt is, hogy a lehetőségek szerint törekedni kell a jó közérzet, illetve komfortérzet kialakítására a munkahelyen. Az ergonómia egyik célja éppen ez. A hatékonyság növelése érdekében, vagy a hatékonyság növelésével együtt, növelni a dolgozók elégedettségét is.

„Korrekt ergonómiai megoldásról csak akkor beszélhetünk, ha a hatékonyság növelésére való törekvés együtt jár és az emberi (dolgozói vagy felhasználói) igények kielégítésének szándékával.” [1, p. 112]

A munkaerő jelenleg egyre korlátozottabban áll rendelkezésre, a fluktuáció a gyártó vállalatoknál nagymértékű. A hatékonyság növelése és a munkaerő megtartása érdekében nagy hangsúlyt kap, hogy a dolgozókat érő fizikai és szellemi terhelés a lehető legkisebb legyen a munkahelyeken, ezzel növekszik az ergonómia szerepe a munkahelyek kialakításában.

Dolgozatomban egy autóipari beszállító, a SEWS-CE Kft., móri telephelyén történő automata összeszerelő géppel végzett gyártást vizsgálom meg ergonómiai szempontokból.

A vizsgálat eredményeit összesítve meghatározom a folyamat olyan elemeit, amelyek egyszerűen fejleszthetőek. Bemutatom azokat az megoldásokat, amellyel azonnali javulást lehet elérni az összeszerelő gép és az operátor közötti információátadásban.

Hosszú távú megoldásként olyan egyszerű, költséghatékony eszköz elkészítése a célom, amely könnyen integrálható a már meglévő technológiába, és megoldást kínál a vizsgálat során feltárt hiányosságokra. A tervezés és a kivitelezés során a legfontosabb szempont az operátor hatékony munkavégzéséhez szükséges információk egyszerű és könnyen értelmezhető megjelenítése. Ez megkönnyíti a dolgozó számára a munkavégzést és növeli az összeszerelő folyamat hatékonyságát.

2. SEWS-CE AUTOMATA ÖSSZESZERELŐ FOLYAMAT LEÍRÁSA

2.1 Összeszerelő terület bemutatása

A SEWS-CE Kft móri telephelyén autóiipari termékek gyártásával foglalkozik. Vevői között megtalálhatók a legnagyobb autógyárak, illetve ezek beszállítói. A móri telephelyen jelenleg két divízió található, ezek a Komponens és Elektronika. Az Elektronika részleg fő profilja a motorvezérlők és biztosítékházak gyártása. Az dolgozatban vizsgált Komponens ágazat csatlakozóházak gyártásával foglalkozik. A Komponens területen legnagyobb darabszámban az úgynevezett Wire to Wire csatlakozók készülnek, amelyek a gépjárművekben található kábelek végére kerülnek beépítésre.

A Wire to Wire automata összeszerelő területen 45 automata összeszerelő gép található. Ezek a gépek általában kettő, három, négy vagy öt fröccsöntött alkatrészből állítanak össze csatlakozóházakat forgóasztalos összeszerelési módszerrel. A forgóasztalos automata gyártási technológiának a lényege, hogy a komponenseket automata adagolók juttatják el a forgóasztalra, ami körül a szerelőállomások, illetve az ellenőrző állomások találhatók. A szerelőasztal minden egyes fordulata után a forgóasztal körül található összes állomáson egy időben történik meg a szerelési vagy ellenőrzési művelet. Értelemszerűen a forgóasztalon levő termékbe minden egyes forgatási ciklus után egyre több alkatrész épül be. Így minden ciklusban elkészül egy darab késztermék.

Az összeszerelő gépek ciklusideje a termék összetettségétől függően 2,5 és 5 másodperc között változik. A szerelési folyamat nagy mértékben automatizált, csak néhány elemében igényel emberi beavatkozást: a gyártás elindítása, a gyártás megállítása, az alapanyagok gépbe töltése, illetve az úgynevezett mikrómegállások elhárítása, amikor a gépben az alapanyag valamilyen okból megakad és emiatt az összeszerelési folyamat megáll.

Ezeket a műveleteket a területen dolgozó operátorok végzik el. Ha az összeszerelő gépen a folyamat olyan okból áll meg amelyet az operátor nem tud elhárítani, szükség lehet karbantartó személyzet beavatkozására is. Ebben az esetben ugyancsak az operátor feladata a karbantartót vagy a műszakvezetőt értesíteni a problémáról.

Az automata összeszerelő területen három műszakos munkarendben tizenöt operátor dolgozik. Egy operátornak átlagosan három gép felügyeletét kell ellátnia.

2.2 Automata összeszerelő gép bemutatása

A vizsgálatba és a fejlesztésbe bevont gép az automata összeszerelő területen található. Egyedi fejlesztésű célgép, a tervezését és a kivitelezését az IMC Soft Kft. végezte, a SEWS-CE specifikáció alapján. Az összeszerelő gépeket az automata összeszerelő területen egy betű-szám kombinációból álló jelöléssel azonosítják. A vizsgált összeszerelő gép az M58-as jelölést kapta, a későbbiekben így fogok rá hivatkozni.

Az összeszerelő gép csatlakozóházakat épít össze négy különböző alapanyagból. Ezek között vannak műanyag fröccsöntött alkatrészek, HÁZ, KUPAK, CPA, és van egy GUMIGYŰRŰ, amelyet a SEWS-CE külső beszállítótól vásárol. A különböző alapanyagokat az operátor a gép mellett elhelyezett adagolókbba tölti fel. Az automata adagolórendszer juttatja az alkatrészeket a gép belsejébe a forgóasztalhoz.



1. ábra M58-as számú automata összeszerelő gép

A forgóasztalon tizenkét darab szerelőülék található. A feladagolt alkatrészek ezekbe a szerelőülétekbe kerülnek. A forgóasztal szerelési ciklusonként fordul egyet, így az alkatrész a következő munkaállomásra kerül. Az elvárt szerelési ciklusidő 4 másodperc.

A forgóasztal mellett tizenkét munkaállomás helyezkedik el. Az állomások mindegyike egyedi műveletet végez. Ezek a műveletek lehetnek adagolási, szerelési, illetve ellenőrzési műveletek. Az összeszerelési ciklus az 1. állomáson indul, itt kerül a HÁZ alkatrész az adagolóból a forgóasztalra. A 3. állomáson kerül az alkatrészbe a GUMIGYŰRŰ, a 6. állomáson a kupak, a 8. állomáson pedig a CPA. A jónak minősített termék a 12-es állomáson kerül a csomagolóegységbe, selejt termék pedig ugyancsak a 12. állomáson a selejttárolóba. A szerelési műveleteket a 3-as, 7-es és 9-es állomások, az ellenőrzéseket pedig az 5-ös és 10-es állomások végzik el. A termékek egyedi azonosítás céljából lézeres gravírozást kapnak, amely a 11. állomáson történik. A 2. állomás a minősítő minták behelyezésére van fenntartva. Az operátornak naponta egyszer alludálnia kell a gépben található ellenőrző berendezéseket egy előre elkészített mintasorral. A 12. állomás mellett található egy csomagológép, amely ugyancsak automata működésű. A csomagológép a késztermékeket egy zacskóba gyűjti, és 100 darabonként csomagolja. A zacskók egy futószalagra kerülnek, ami a csomagolóasztalra juttatja a termékeket.

A szerelőgép működését egy Siemens (PLC 1215C) rendszerű PLC vezérli. A szerelőgép és az operátor közötti kommunikációt egy ugyancsak Siemens SIMATIC KPT400 Basic rendszerű ember-gép interface (Human Machine Interface, a továbbiakban HMI) biztosítja.

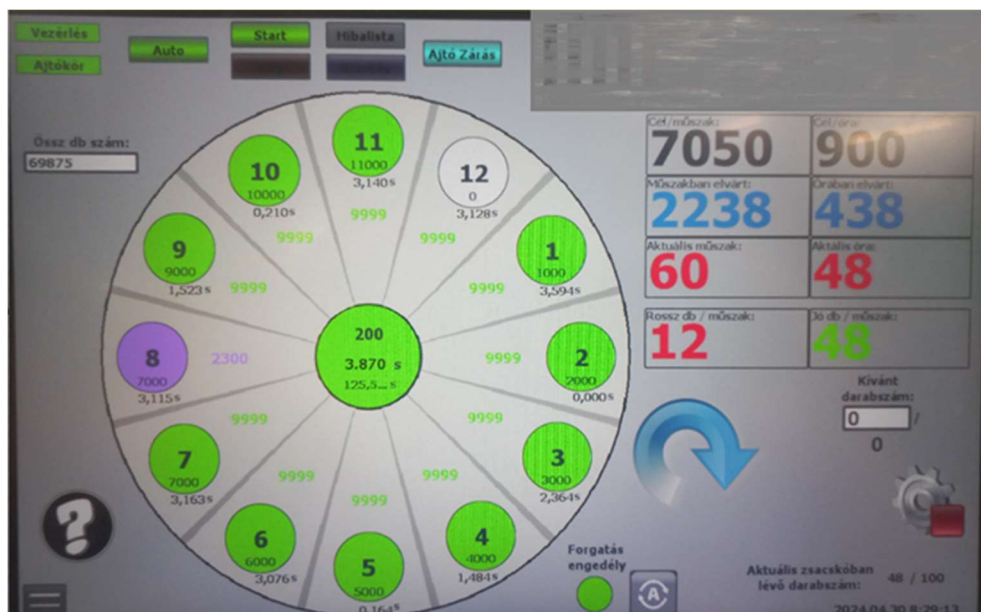
A szerelőgép tetején elhelyezkedik még egy három színű toronylámpa is, amely ugyancsak a gép állapotáról ad tájékoztatást az operátor számára. A toronylámpa távolról is jól látható, tehát a szín kódok ismeretében az operátor akkor is figyelni tudja az összeszerelő gép állapotát, ha nem tartózkodik a gép mellett. A fényjelzéshez buzzer is kapcsolódik, amely hangjelzést ad, ha az összeszerelő gépen megáll a gyártás.

Az operátor az összeszerelő géppel a HMI-n keresztül tartja a kapcsolatot. A Siemens SIMATIC KP420 Basic HMI, egy 4,3''-os TFT kijelző érintőképernyős HMI, Felbontása 480 x 272 pixel. [2]

Használata az ipari automatizálásban, különösen a SIEMENS PLC vezérléssel rendelkező összeszerelő gépekben elterjed, mivel könnyen programozható, mérete és felbontása megfelelő az operátor számára a gép kezeléséhez.

Állapot	Normális állapot		Anyaghiány	
A gép működik		Zöld lámpa folyamatosan világít, a gép folyamatos üzemben van		Zöld lámpa világít, sárga lámpa világít, az alapanyag el fog fogyni a gép meg fog állni
A gép áll (leállították vagy hiba miatt)		Piros lámpa folyamatosan világít, a gép nem működik		Sárga lámpa világít, piros lámpa világít, a gép anyaghiány miatt megállt

2. ábra M58 összeszerelő gép toronylámpájának színjelzései



3. ábra M58 automata összeszerelő gép HMI-je

A HMI szerepe a gépben kétirányú. Egyrészt biztosítja a gép állapotára vonatkozó információkat az operátor számára. A dolgozó követni tudja a gyártás elkezdése óta eltelt időt, a gyártott darabszámot a gyártott hibás mennyiségeket és az egyes állomások állapotát. Ugyanitt kap értesítést arról is, ha be kell avatkoznia a gyártásba. Másrészt az operátor a HMI-n keresztül tudja befolyásolni a gép működését, el tudja indítani és meg tudja állítani

a gyártást. Az operátor számára elérhető kezelőfelülte korlátozott, csak az alapvető műveletek elvégzésére ad lehetőséget.

2.2.1 Az operátor üzemeltetéssel kapcsolatos feladatai, mikromegállások

Az operátor feladatai a gép üzemeltetésével kapcsolatban:

- a gyártás elindítása és megállítása
- a napi mintaellenőrzés elvégzése. Ez biztosítja, hogy a szerelőgépben elhelyezett ellenőrző berendezések megfelelően működjenek, és ne kerülhessen ki a gépből hibás termék.
- az adagolók feltöltése és folyamatos utántöltése, hogy a gyártás zavartalansága biztosítva legyen
- a csomagoló asztalra érkező zacskókat felcímkézése és dobozba csomagolása
- gyártáshoz kapcsolódó dokumentációk kitöltése
- az összeszerelő gépben előforduló mikromegállások kezelése, elhárítása
- karbantartó vagy műszakvezető értesítése, ha az operátor a géphibát nem tudja elhárítani

Az automata összeszerelő gépekkel kapcsolatos legtöbb termelés kiesést, amely nem gép meghibásodásból eredő karbantartást igénylő állásidő, a mikromegállások okozzák. Az összeszerelő gépek mellett dolgozó operátorok számára a legnagyobb kihívást ezek elhárítása jelenti.

Mikromegállásnak nevezzük az olyan egyszerűbb géphibákat, amelyek akadályozzák az összeszerelő gép folyamatos működését, de nem igényelnek karbantartói beavatkozást, egyszerűen elháríthatóak, ezért az operátorok is képesek kezelni őket. Ha az operátor az összeszerelő gép mellett van, akkor általában egy néhány tíz másodperc alatt el tudja hárítani a problémát, és a gyártás folytatódhat. Ha viszont az operátor éppen nem tartózkodik az összeszerelő gép mellett akkor egy mikromegállás több percre is megállíthatja a gyártást. Mikromegállás lehet például egy alkatrész elakadása egy adagolóban, vagy egy szerelőülékben elmozdult termék miatti gépmegállás.

A mikromegállásonak leggyakoribb kiváltó oka a műanyag fröccsöntés technológiájából és az összeszerelő gépekben használt alkatrész adagolók technológiájából következik.

Az adagolók kialakításakor két szempontnak kell megfelelni. A feladagolandó alkatrészeket ciklusidőn és megfelelő orientációban kell a forgóasztalra juttatni. Ez igen precíz technológiát igényel, ami nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem képes lekezelni a fröccsöntési technológiából adódó egyedi fröccsöntési hibákat vagy méreteltéréseket.

A fröccsöntésben nagyon kis százalékban (0,01 %), előfordulnak olyan hibás darabok, amelyek, ha bekerülnek az összeszerelő gép adagolójába akkor adagolási hibát okozhatnak, vagy bekerülve a forgóasztalra akadályozzák az összeszerelési folyamatot. Ez a hibaszázalék a SEWS-CE fröccsöntési területén használt technológiából adódik. Ugyancsak nagyon ritkán, de előfordulhat olyan adagolás, amikor az alkatrész orientációja nem megfelelő, illetve a forgóasztalban olyan alkatrész elmozdulás, amely szerelési hibát okoz. Az összeszerelő gép tervezésekor és kivitelezésekor törekedni kell ezeknek a hibáknak a csökkentésére, de teljesen kizárni nem lehet őket, ezért kis százalékban ezek a hibák elfogadottak, részei az összeszerelés folyamatának.

A mikromegállások akkor okoznak igazán nagy problémát, amikor egy operátor nem egy összeszerelő gépet felügyel, hanem többet, kettőt vagy hármat, mint a vizsgát termelő területen is. Ebben az esetben egy mikromegállás nem néhány tíz másodperes termelőkiesést eredményez, hanem percek.

2.2.2 Tesztgyártás az M58 összeszerelő gépen, az eredmények értékelése

Az ergonómiai vizsgálat elvégzése előtt szerettem volna képet kapni az M58 összeszerelő gép valós állapotáról, a gépmegállások számáról, és arról, hogy a megállások mekkora kiesést jelentenek a gyártásban. Lehetőséget kaptam kétórás tesztgyártás elvégzésére, ennek a tesztnek az eredményeit szeretném az alábbiakban értékelni.

A futási próba vagy tesztfuttatás során négy paramétert tartottam fontosnak feljegyezni.

- a legyártott késztermékek darabszámát. Jó terméket és selejtet egyaránt, ebből lehet kiszámítani az összeszerelő gép ciklusidejét.
- a gépmegállások számát és ennek pontos okát.
- a gépmegállások teljes idejét, attól kezdve, hogy a gyártási folyamat leáll és a gép hibajelzést ad, addig, amíg az operátor újra nem indítja a folyamatot.

- a gépállás okának elhárítására fordított időt, hogy lássam, mekkora állásidőt generálna egy hiba akkor, ha az operátornak lenne ideje azonnal beavatkozni.

A kétórás gyártás során az összeszerelő gép összesen 1675 db készterméket gyártott le 6624 másodperces gyártás alatt, ami 4 másodperces valós ciklusidőt jelent. Ez az összeszerelő géptől elvárt ciklusidő. Ez alatt az időszak alatt ötször állt meg, minden alkalommal alapanyagelakadás miatt. A tesztfutás során sem alapanyaghiány sem pedig géphiba nem fordult elő. Az összes állásidő 576 másodperc volt, ebből az operátor 287 másodpercet fordított a hiba elhárítására. Az állásidő felét, 289 másodpercet az okozta, hogy az operátor vagy nem értékelte a hibajelzést vagy érzékelte, csak nem tudott egyből elindulni a géphez, hogy a hibát elhárítsa. Egyetlen esetben fordult elő, hogy a valós állásidő és a hiba elhárítására fordított idő közel azonos volt, ekkor a dolgozó a gép közelében tartózkodott, egyből észlelte a hibajelzést és egyből megtalálta a problémát az adagoló berendezésben. A 289 másodperces állásidő 72 darab le nem gyártott terméket jelent két óra alatt, ami egy napra vetítve 864 db, megközelítően egy órai gyártott mennyiség. Ennyi kiesést jelet az, ha az operátor nem tudja azonnal megkezdeni a beavatkozást az összeszerelő gépben.

Gyártás (óra)	Gyártott késztermék (db)	Összes állásidő (másodperc)	Állásidő (másodperc)	Hiba oka	Hiba elhárítás időtartama (másodperc)	Szükségtelen állásidő (másodperc)
1.	829	334	117	6. állomás Alapanyag elakadás az adagolóban	34	198
			83	8. állomás Alapanyag elakadás az adagolóban	57	
			134	8. állomás Alapanyag elakadás az adagolóban	45	
2.	846	242	95	1. állomás Alapanyag elakadás az adagolóban	77	151
			147	8. állomás Alapanyag elakadás az adagolóban	74	

4. ábra M58 összeszerelő gép tesztfutásának eredménye

Az összeszerelő gépben az alapanyag elakadás a folyamat része, teljesen kiküszöbölni csak olyan drága technológiák alkalmazásával lehet, például robotizálás, amelyek a termék életciklusa alatt nem térülnének meg. A tesztfutás viszont megmutatta, hogy ha lecsökkentjük azt az időt, amíg az operátor tudomására jut, hogy az összeszerelő folyamat megállt, és hatékonyabbá tesszük az információk értékelését, azzal csökkenteni lehet a gyártáskiesés időtartamát is.

2.3 A jelenlegi ember-gép kapcsolati rendszerek ergonómiai értékelése

2.3.1 Az ergonómia fogalma és az ergonómiai szemlélet lényege

A munkafolyamatok ergonómiai értékelése előtt érdemes megvizsgálni, hogy mi is pontosan az ergonómia, mint tudományág, mivel foglalkozik, mik az ergonómiai szemlélet lényegi pontjai.

Legegyszerűbb, legáltalánosabb fogalommeghatározással a Wikipédián találkozhatunk az alábbiak szerint.

„Az ergonómia az ember-gép-munkakörnyezet kapcsolatát vizsgáló tudományág. Az ergonómia a görög ergon = 'munka' (görögül: ἔργον), valamint a nomos = 'tan, törvény' (görögül: νόμος) szavakból alkotott szóösszetétel. Célja a szűkebb és tágabb munkakörnyezet, a gépek, munkaeszközök emberhez igazítása, az emberi adottságoknak lehetőleg jobban megfelelő munkaeszközök és munkakörnyezet kialakítása. Egyszerűen így lehetne definiálni az ergonómiát: A munkakörnyezetnek kell illeszkedni a személyhez, nem pedig a személynek a munkakörnyezetéhez. Az ergonómia legfontosabb ágai: a termék-, a munkafolyamat- és a szoftver-ergonómia”. [2]

Dolgozatomnak a munkafolyamat ergonómia a témája, mégpedig Mark S. Sanders és Ernest J. McCormick nyomán az alábbiak szerint:

„A »human factors« (ergonómia) feltárja és alkalmazza mindazokat az ismereteket az emberi viselkedésről, képességekről, korlátokról és más emberi jellemzőkről, amelyeket figyelembe kell venni az eszközök, a gépek, a rendszerek, a munkafeladat, a munkakör és a környezet tervezése során, mint a hatékony működés, valamint a biztonságos és kényelmes emberi használat (alkalmazás) feltételeit” [1, p. 14]

Az ergonómia lényege ebben az esetben tehát a munkafolyamat tervezése során a hatékonyság növelése úgy, hogy eközben a biztonságos és kényelmes használatra kell törekedni. Könnyű belátni, hogy egy olyan munkakörnyezet, ahol a dolgozó kényelmesen érzi magát, nincs a szükségesnél jobban megterhelve és figyelembe vannak véve a fizikai és pszichológiai igénye, összességében jobb, hatékonyabb munkavégzést tesz számára lehetővé, növelve ezzel a munkafolyamat hatékonyságát is.

2.3.2 A munkahelyek ergonómia szemléletű értékelésének céljai és vizsgálati módszerei

Az általam vizsgált munkahely értékeléséhez a Hercegfő Károly és Izsó Lajos által szerkesztett Ergonómia című tankönyv, 11. fejezetében található Mishinger Gábor által írt AZ ERGONÓMIA GYAKORLATI ALKALMAZÁSA 3.: IPARI MUNKAHELYEK című tanulmányt vettem alapul.

Ebben a tanulmányban megtalálhatók az ergonómiai tervezés főbb céljai az alábbiak szerint:

„Az ipari munkahelyek ergonómiai szempontú tervezésének, értékelésének elsősorban az alábbi céljai lehetnek:

- *A munka, a környezet és az ember–gép rendszer okozta terhelés felmérése*
- *Az igénybevétel-csökkentési lehetőségek feltárása*
- *A tevékenység hatékonyságának növelése az emberi biztonság és kényelem figyelembevételével*
- *Az időleges vagy végleges egészségkárosodás kockázatának csökkentése” [3, p. 149.]*

Ebben a dolgozatban a fenti célok közül az első három cél megvalósítására szeretnék fókuszálni:

- *A munka, a környezet és az ember–gép rendszer okozta terhelés felmérése*

Milyen terhelés éri a dolgozót egy gép, illetve három gép egyidejű üzemeltetése közben?

- *Az igénybevétel-csökkentési lehetőségek feltárása*

Milyen lehetőségek vannak a jelenlegi fázisban arra, hogy a dolgozókat érő terhelés csökkenthető legyen? Fontos kihangsúlyozni, hogy a jelenlegi fázisban, mert az automata összeszerelő gépek már kész vannak, termelés folyik rajtuk. A dolgozatnak nem témája, hogy a tervezés, illetve a gépgyártás során milyen ergonómiai szempontokat lehet és kell figyelembe venni. Olyan megoldásokat keresek, amellyel a már megvalósult gépeken csökkenthető az igénybevétel.

• *A tevékenység hatékonyságának növelése az emberi biztonság és kényelem figyelembevételével*

Az előző pontban feltárt lehetőségek szolgálják-e a dolgozó biztonságát és kényelmét és ezzel együtt növelik-e a hatékonyságot?

Ezek alapján a célok alapján ugyancsak a fent említett tanulmány a következő vizsgálati szempontokat javasolja

„A fenti célok megvalósítása érdekében tudományos igényű módszerekkel kell vizsgálni és elemezni a munkahelyekkel kapcsolatos következő öt területet:

- *A munkatevékenység jellemzői*
- *A munkaeszközök alkalmassága*
- *A munkahely elrendezésének megfelelősége*
- *A fizikai környezet minősége*
- *A szociális környezet minősége” [3, p. 149.]*

A felsorolt területek közül a dolgozatban a munkatevékenység jellemzőit és a munkaeszközök alkalmasságát vizsgáltam behatóbban.

A munkatevékenység jellemzőinek vizsgálatánál az alábbi szempontokat kell figyelembe venni:

- egy dolgozó három összeszerelő gép egyidejű felügyeletével van megbízva, ideális esetet vizsgálva a gépek egymás mellett vagy egymás közelében helyezkednek el
- ha az operátor felügyeletére bízott három összeszerelő gépet egy önálló munkahelynek tekintjük akkor is figyelembe kell venni az ezen kívül eső, de fizikailag ugyanabban a térben elhelyezkedő gépek zavaró hatását pl.: más gépek hangjelenségei, fényjelenségei

- ha valamelyik összeszerelő gép beavatkozást igényel, akkor az operátornak mérlegelnie kell, hogy folytathatja-e a már megkezdett tevékenységét, vagy haladéktalanul reagálnia kell az adott problémára

- ha több összeszerelő gép igényel egy időben beavatkozást, akkor mérlegelnie kell, hogy melyik beavatkozás a fontosabb, melyik beavatkozást kell elvégeznie a másik kárára

A munkaeszközök alkalmasságának vizsgálatakor az alábbi szempontokat kell figyelembe venni:

- az operátor egyértelmű jelzést kap-e arról, ha beavatkozásra van szükség valamelyik gépen?

- az operátor be tudj-e azonosítani, hogy mi az oka annak, hogy be kell avatkoznia?

- van-e olyan jelzés, amely segíti az operátort abban, hogy a gép melyik részén kell beavatkoznia és ezzel lerövidíti a beavatkozás idejét?

- a gépek és a gépek környezetének kialakítása lehetővé teszi-e, hogy könnyen megközelíthetők legyenek, tehát az operátor mielőbb a géphez érjen?

- a gépek kialakítása lehetővé teszi-e, hogy a beavatkozásokat könnyen el lehessen végezni?

A dolgozatnak az utóbbi két szempont vizsgálata nem képezi tárgyát. Mindkét vizsgálandó szempont esetében lehet fogantatni javító intézkedéseket, de ezek túlmutatnak a dolgozat keretein.

2.3.3 A munkahely ergonómia vizsgálatának eredménye, értékelése

Az előző fejezetben felvetett szempontok alapján végeztem el a munkahely vizsgálatát. A könnyebb megértés érdekében minden egyes vizsgálati szempont leírása után következik a vizsgálat eredménye. Külön vizsgálom a munkatevékenység és a munkaeszköz jellemzőit.

A munkatevékenység jellemzőinek vizsgálata

Vizsgálati szempont: Egy dolgozó három összeszerelő gép egyidejű felügyeletével van megbízva.

Vizsgálat eredménye: Három összeszerelő gép egy idejű felügyelete nem jelent kezelhetetlen terhelést az operátornak. Az adagolók úgy vannak kialakítva a gépekben, hogy minimum egy órán keresztül folyamatos működést biztosítsanak. Ez három összeszerelő gép esetében tizenkét adagolót jelent, feltöltésük nem vesz többet igénybe 25 percnél. Ha óránként 900 db késztermék készül el, az másfél doboz elcsomagolását jelenti mivel 600 db/ doboz az előírt csomagolási egység. Ez sem tart tovább 15 percnél három gép esetén sem. Összességében marad 20 perc óránként minden egyéb tevékenységre.

Vizsgálati szempont: Ideális esetet vizsgálva a három összeszerelő gép egymás mellett vagy egymás közelében helyezkedik el

Vizsgálat eredménye: Annak ellenére, hogy az operátor felügyeletére bízott összeszerelő gépek egymás mellett helyezkednek el, a távolság, amelyet egy operátornak meg kell tennie, elég nagyok. A vizsgált gép egy 7m x 7m-es, megközelítőleg négyzet alakú területet foglal el. Ez átlagosnak mondható, tehát ezt a méretet mindhárom vizsgált gépre vonatkoztathatjuk. Ebben az esetben két gép közötti legnagyobb távolság nagyjából 20 méter, ezt a távolságot kell az operátornak naponta többször megtennie.

Vizsgálati szempont: ha az operátor felügyeletére bízott három összeszerelő gépet egy önálló munkahelynek tekintjük akkor is figyelembe kell venni az ezen kívül eső, de fizikailag ugyanabban a térben elhelyezkedő gépek zavaró hatását pl.: más gépek hangjelenségei, fényjelenségei

Vizsgálat eredménye: Az operátorok oktatást kapnak arról, hogy melyik gépek jelzéseire kell odafigyelniük, és ezeket a jelzéseket hogyan kell értelmezniük. A gyártóterület kialakításából adódóan az operátor felügyeletére bízott összeszerelő gépeken kívül is vannak összeszerelő gépek a munkahely közvetlen közelében. Ezeknek az összeszerelő gépeknek a hangjelzései és fényjelzései hasonló elvek szerint működnek, mint a vizsgált összeszerelő gépé. Ez alapján a szomszédos gépek zavaró hatása egyértelműen azonosítható.

Vizsgálati szempont: ha valamelyik összeszerelő gép beavatkozást igényel, akkor az operátornak mérlegelnie kell, hogy folytathatja-e a már megkezdett tevékenységét, vagy haladéktalanul reagálnia kell az adott problémára

Vizsgálat eredménye: Az operátornak a gép hangjelzésit és fényjeleit figyelembe véve kell döntenie, hogy gép állapota azonnali beavatkozást igényel, vagy nincs szükség egyből beavatkozásra. Az összeszerelő gépek által használt fényjelek és hangjelek egyértelműen azonosítják a beavatkozás okát, az operátor ez alapján tud mérlegelni.

Vizsgálati szempont: ha több összeszerelő gép igényel egy időben beavatkozást, akkor mérlegelnie kell, hogy melyik beavatkozás a fontosabb, melyik beavatkozást kell elvégeznie a másik kárára

Vizsgálat eredménye: Ha több összeszerelő gép egyidőben igényel beavatkozást, akkor az operátornak egyedül kell azt a döntést meghoznia, hogy melyik összeszerelő gépet részesítse előnyben. Hozhat döntést a beavatkozás szükségességét kiváltó esemény súlyossága alapján vagy a műszakvezetőtől kapott információk alapján, amely meghatározza a gépek prioritását.

A munkatevékenység jellemzőinek értékelése:

Három összeszerelő gép egyidejű felügyelete nem jelentene túl nagy megterhelést az operátor számára egy ideális rendszerben, ahol a mikromegállások száma minimális, és a zavaró hatások nincsenek figyelembe véve. A problémát az okozza, hogy a rendszertelenül előforduló, beavatkozást igénylő helyzetek megtörik a munka ritmusát, az adott munkafázist nem lehet befejezni mert egy másik folyamat beavatkozást igényel, a befejezetlen munkafázishoz való visszatérés esetenként el is marad, ami újabb gépmegállásokat okoz. Ebben a munkakörnyezetben a munkavégzés rendszertelenné, kapkodóvá válik, nincs meg a megfelelő ritmusa, amely nagyon hamar az operátor fizikai és szellemi kimerüléséhez vezet.

Az összeszerelő gépek mérete és elhelyezkedése miatt az operátornak jelentős távolságokat kell megtennie egy műszakban. Ez a távolság csökkenthető, ha folyamatosan friss információkkal rendelkezik az összeszerelő gépek állapotáról, akár távolról is.

Az összeszerelő gépek állapotának felügyeletét megnehezíti, hogy a többi, az operátor számára nem fontos, összeszerelő gép zaja, hangjelzései és fényjelzései zavaróan hatnak a munkatérben. Az operátor számára nagy megterhelést jelent a sok különböző hatás közül kiszűrni azt, amely számára jelentéssel bír.

Az összeszerelő gépek állapota a gép tetején elhelyezett lámpák segítségével követhető. Ezek a lámpák egyértelmű jelzést adnak az operátor felé, hogy mikor és miért van szükség beavatkozásra. Ezen kívül az összeszerelő gép hangjelzést is ad, ha megállt. Ez alapján az operátor figyelemmel tudja kísérni az összeszerelő gépek állapotát, de ezt a figyelmet folyamatosan fenn kell tartania, úgy, hogy közben más gépektől jövő zavaró hatások érik. Ez alól kivételt képez az az est, amikor a gépen nem anyagihiány vagy mikromegállás a probléma, hanem olyan géphiba, amely karbantartói beavatkozást igényel. Az operátornak erről nincs információja addig, amíg a oda nem megy a HMI-hez és meg nem győződik a gépállás pontos okáról.

Ha több gép egy időben igényel beavatkozást akkor, bár az operátor elvileg tisztában van azzal, hogy mi a prioritási sorrend a gépek között, de ennek a döntésnek a meghozatala az operátornak hosszú távon fárasztó, vagy nem komfortos.

A munkaeszközök alkalmasságának vizsgálata

Vizsgálati szempont: az operátor egyértelmű jelzést kap-e arról, ha beavatkozásra van szükség valamelyik gépen?

Vizsgálat eredménye: Ebben az esetben munkaeszköznek tekinthetjük a gépek tetején elhelyezett jelzőlámpát és a hangjelzést, így megállapíthatjuk, hogy a beavatkozás szükségességét jelző információ elindul a gépből az operátor irányába.

Vizsgálati szempont: az operátor be tudj-e azonosítani, hogy mi az oka annak, hogy be kell avatkoznia?

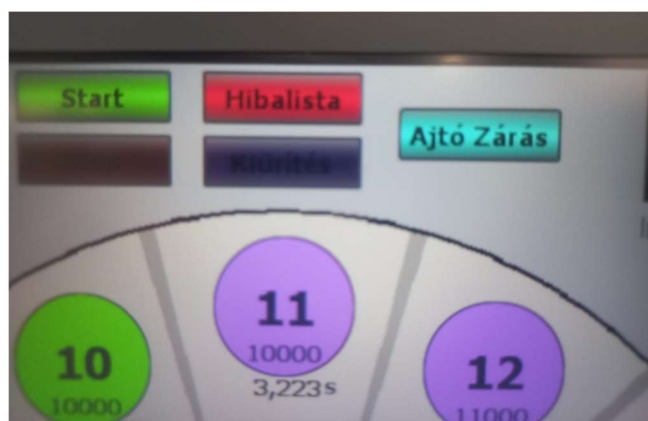
Vizsgálat eredménye: A jelzőlámpák és a hangjelzés alapján egyértelműen beazonosítható, hogy miért van szükség beavatkozásra. A jelzőlámpák jelzései a megszokott vizuális információkat hordozzák, melyek szerint:

- zöld: minden rendben van, szabad jelzés
- sárga: várható problémára vagy alacsonyabb rendű problémára utal
- piros: veszély, azonnali beavatkozást igénylő probléma, stop

A színek jelentése az egész automata összeszerelő területre egységesen van meghatározva, jelentésüket mindenki érti, felismeri. Ez a színkódolás a KRESZ színjeleiből ered, és az iparban is ezek a színjelzések terjedtek el a vizuális management részeként.

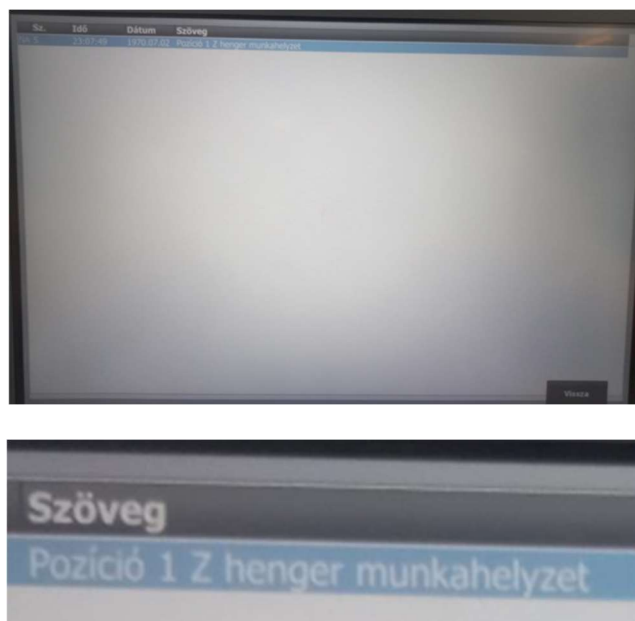
„A KRESZ színei (piros, sárga, zöld, kék) ugyan máshoz is köthetők, és nem öncélúan választották ki, de a színekhez kötődő sztereotípiák közt ezek a tanult jelentések a leginkább egyértelműen működők” [4, p. 134]

Ezen kívül, ha az operátor odamegy a HMI-hez és megnyomja a pirosan villogó 'Hibalista' gombot, akkor megjelenik a hibalista, ami tájékoztatja az operátort a hiba okáról

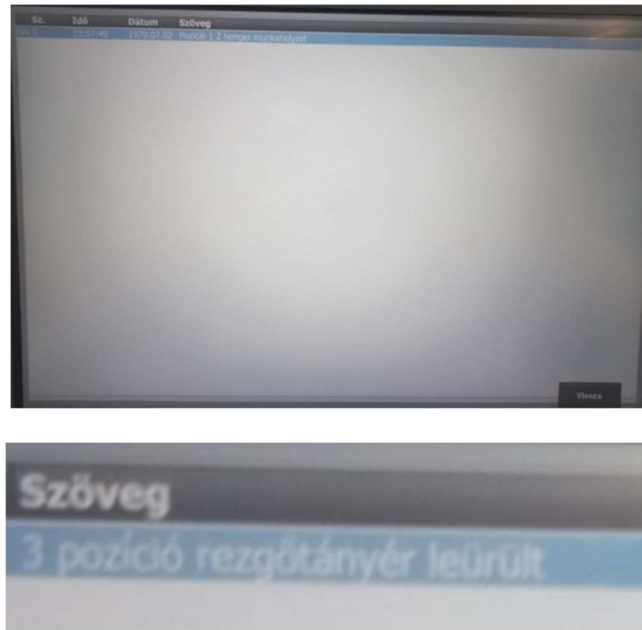


5. ábra A 'Hibalista' felirat pirosan villog, ha az M58 összeszerelő gép megáll

Szembetűnő, hogy a hibalista gomb nem foglal el központi helyet a kijelzőn, nehéz észrevenni a villogását.



6. ábra A hibalistában látható a hiba típusa, ebben az esetben géphiba.



7. ábra A hibalistában látható a hiba típusa, ebben az esetben alapanyaghiány

Ahogy a 6. és 7. ábrán látható, a kijelzőn megjelenő hibalista sem ergonomikus, a hiba részletezése csak a kijelző kis részét foglalja el, nehezen olvasható. Semmilyen kiemelés vagy megkülönböztető jelzés nem hívja fel az operátor figyelmét arra, hogy mi okozta a problémát a gyártási folyamatban és miért van szükség a beavatkozásra.

Vizsgálati szempont: van-e olyan jelzés, amely segíti az operátort abban, hogy a gép melyik részén kell beavatkoznia és ezzel lerövidíti a beavatkozás idejét?

Vizsgálat eredménye: az operátor a 'Hibalista' menüpont megnyitása után be tudja azonosítani, hogy melyik állomáson van probléma, és milyen jellegű a hiba, ami miatt be kell avatkoznia. Ebben a menüben a szöveg nem figyelemfelkeltő, nincs kiemelve, hogy miért van szükség a beavatkozásra.

A vizsgálat feltárt egy esetet, amikor az operátor nem kap információt arról, hogy melyik állomáson kell beavatkozni. Ha a termék az adagoló sín végén nem érkezik meg vagy nem megfelelően érkezik meg végpozícióba, azt az ott lévő szenzor nem érzékeli. Ebben az esetben a szenzor nem továbbítja az alkatrész meglétéről a jelet a PLC vezérlő felé, a gyártás megáll. Ilyenkor az összeszerelő gép nem jelez sem alapanyaghibát sem pedig

géphibát, mivel egyik állapot sem áll fent, csak várakozik. Az egyetlen utalás a problémára HMI-n található a 8. ábra szerint. Az ábrán a 8-as állomásra nem érkezett meg megfelelő pozícióba az anyag ezért az állomást jelző kör színe lila. Az operátornak ebben az esetben csak akkor van információja arról, hogy a gép várakozik, ha megnézi a HMI-t. Ha egy másik gépnél dolgozik, akkor nem érkezik hozzá jelzés arról, hogy be kell avatkoznia.



8. ábra A 8-as állomás lila színe jelzi, hogy a gép várakozik. Más hibajelzés nincs a kijelzőn.

Munkaeszköz alkalmasságának értékelése

Amikor az operátor távol van az összeszerelő géptől a jelzőlámpák és a hangjelzés alkalmas arra, hogy felhívja a figyelmét a beavatkozás szükségességére. Ezek a jelzések azt is megmutatják, hogy miért van szükség a beavatkozásra, ez alapján az operátor mérlegelni tudja, a beavatkozás fontosságát.

A HMI-vel kapcsolatban már nem ilyen egyértelmű a helyzet. A kijelzőtől, amely az egyetlen információforrás az operátor felé a gép irányából, nem elfogadható az, hogy csak egy kis része (1/200 része) jelzi villogással, hogy valami miatt áll a gép, és külön menüből kell kikeresni, hogy mi a probléma.

Ezen felül hiányosság, hogy van olyan beavatkozást igénylő helyzet is, amelyről az operátor semmilyen jelzést nem kap, csak akkor észleli a problémát, ha feltűnik neki, hogy nem megy a gyártás és az összeszerelő gép hibajelzés nélkül áll.

2.3.4 Összefoglalás

Három összeszerelő gép egyidejű felügyelete nagy fizikai és szellemi megterhelést jelent az operátornak a gépek között távolságok és a túl sok zavaró hang és fényhatás miatt.

A jelzőlámpás és hangjelzéses megoldás megfelelő lenne a beavatkozás szükségességének jelzésére, de több gépes környezetben az operátorra túlságosan sok egyéb inger hat, ez pedig hosszú távon fárasztó.

A HMI jelzi ugyan a hibát, de nem elég egyértelműen, sőt van olyan hibatípus is, amelyről az operátor semmilyen figyelemfelkeltő értesítést nem kap, sem a jelzőlámpán sem pedig a HMI-n keresztül.

2.3.5 Megoldási javaslatok

Olyan megoldásokat szeretnénk bemutatni, amelyek nem járnak a gépek vagy a gyártási folyamat jelentős átalakításával, hanem kis költségvetéssel és egyszerűen megvalósíthatók.

A megoldási lehetőségeket két csoportra osztottam:

- Az összeszerelő gépen végrehajtandó átalakítások, amelyek külön eszköz beszerzését vagy telepítését nem igénylik. Ide sorolhatók a PLC programban és a HMI kijelzőn végrehajtott átalakítások. A változtatások eredményeként a összeszerelő gépek jelzései egyértelműbbek, könnyebben értelmezhetőek lesznek.
- Az összeszerelő gépbe integrálható megoldás, amely nem igényli az összeszerelő gép átalakítását. Ez az eszköz a gép figyelmeztető jeleit továbbítja könnyeb értelmezhető formában, közvetlenül az operátor felé, függetlenül a munkaterület környezetében levő egyéb hang és fény hatásoktól. Ezáltal kizárja az összes zavaró körülményt, egyértelmű információt nyújt az összeszerelő gép állapjáról és megkönnyíti az operátor számára, hogy mielőbb meg tudja kezdeni a beavatkozást.

3. AZ ÖSSZESZERELŐ GÉPBEN VÉGREHAJTANDÓ ÁTALAKÍTÁSOK

Az összeszerelő gép ergonómiai vizsgálata során azonosítottuk azokat a jelzéseket, amelyek megváltoztatásával a jelenlegi munkafolyamat ergonomikussá ezáltal hatékonyabbá tehető. Ezek két részre oszthatók, PLC programot, illetve HMI programot érintő beavatkozások:

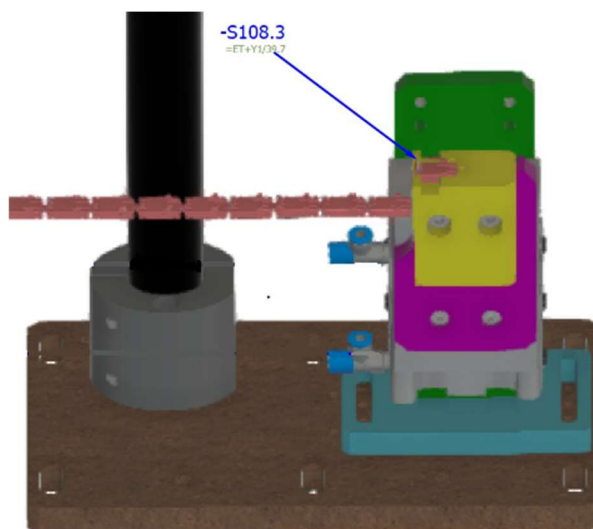
- a PLC programnak kezelnie kell, ha az összeszerelő gépben olyan jellegű elakadás van, amely a nem generál hiba jelet, de a gép megállását okozz
- a HMI-t olyan módon kell átalakítani, hogy ha beavatkozásra van szükség, azt a lehető legegyszerűbb módon jelezze, illetve információt adjon arra vonatkozóan, hogy hol kell beavatkozni

3.1 Az összeszerelő gépben előforduló alkatrész alakadások kezelése

3.1.1 A hibajelenség leírása

A szerelésre váró alkatrészeket rezgőadagolók juttatják az összeszerelő gépbe. A rezgőadagolók végéről manipulátorok helyezik az alkatrészt a forgóasztalon található szerelőülékekbe. amikor az alkatrész megérkezik a rezgőadagoló végére és felvételi pozícióba kerül, akkor egy Keyence LR-ZB100CP típusú távolságérzékelő szenzor ad jelet a PLC vezérlőnek, hogy az alkatrész a megfelelő pozícióban van, és behelyezhető a szerelőülékbe. Ezt nevezzük termékfigyelésnek.

Az alábbi ábrán az M58-as számú összeszerelő gép 8. állomásán a CPA alkatrész beérkezési folyamata látható. Az alkatrészek a rezgőadagolón keresztül érkeznek a sárga színrel jelölt termékkiemelő egységbe. Ez az egység a beérkezett alkatrészeket a forgóasztalra történő behelyezés előtti, úgynevezett 'felvételi pozícióba' emeli, ahol a már említett szenzor ellenőrzi, hogy a pozíció megfelelő-e vagy sem.



9. ábra M58 összeszerelő gép, 8. állomás CPA beérkezés és az S108.3 jelű termékfigyelő szenzor

Ahogy a vizsgálat során kiderült, előfordulhat, hogy a beérkező alkatrész felvételi pozícióba kerül, de a szenzor mégsem érzékeli. Ennek oka lehet a terméken található fröccsöntési hiba, vagy a termék nem tökéletes pozíciója az ülékben.

Ilyenkor a PLC a programnak megfelelően várakozik arra, hogy az állomásokon elhelyezett összes szenzor visszaadja a megfelelő jelet a szerelési folyamat folytatásához. Ha egy szenzor, példánkban a S108.3 jelű szenzor ezt a jelet nem küldi el a PLC vezérlő irányába, akkor ez a várakozási folyamat bármeddig elhúzódhat. Az összeszerelő gép csak várakozik, nem küld jelet az operátor felé, hogy beavatkozásra lenne szükség lásd: 8. ábra.

3.1.2 A PLC program módosítása

Az ergonómia vizsgálat időpontjában, ha az S108.3-as szenzor nem érzékelte a beérkezett alkatrészt, és amiatt nem tudott jelet küldeni a PLC vezérlőnek, hogy folytatódhat a szerelési művelet, akkor a PLC csak lila színűre változtatta a várakozó állomást a HMI kijelzőn.

A probléma megoldása PLC oldalról egyszerű, egy időzítőt kell beépíteni a programba, amely méri a várakozással töltött időt, és ha ez elér egy bizonyos határértéket, akkor a program hibát jelez és megáll a szerelési folyamat. A várakozási idő határértékét az összeszerelő gép beszállítójával együtt állapítottuk meg. Figyelembe kellett vennünk, hogy

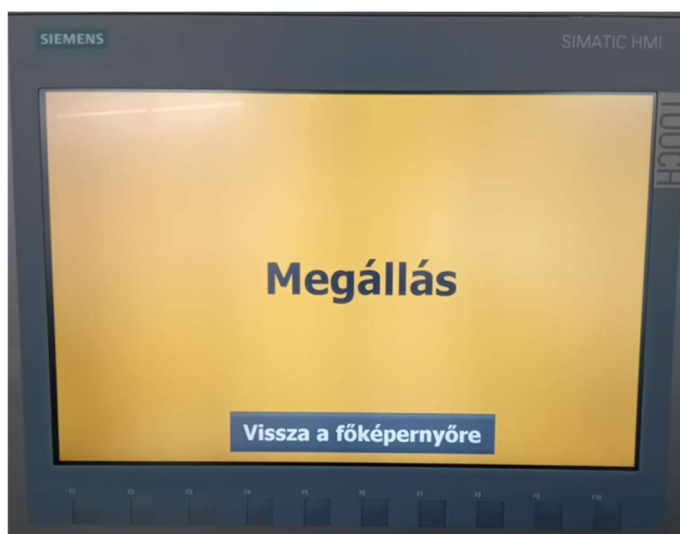
ha a határérték túl alacsony, akkor a gép túl sokszor fog megállni feleslegesen akkor is, ha a szerelési folyamat lelassult, de nem áll meg. Ha pedig túl magas a várakozási határérték, akkor az összeszerelő gép indokolatlanul sokat áll, ami termeléskiesést jelent. A fenti szempontok alapján a várakozási határértéket 30 másodpercben határoztuk meg. Amikor ez az idő letelik a PLC vezérlő megállítja a folyamatot, és hiba jelet küld a jelzőlámpa és a HMI felé.

3.1.3 A HMI módosítása

Az ergonómiai vizsgálat időpontjában a HMI kijelzőn csak a várakozó állomás színe változott lilára, de más információt nem kapott az operátor arra nézve, hogy mi a probléma, és hol kell beavatkozni. A jelzett terület megközelítőleg 1/100-ad része a kijelzőnek, statikus, nem villog, emiatt nem vonzza az operátor szemét, nem hívja fel egyértelműen a figyelmet arra, hogy az összeszerelő gép melyik részén van a probléma. Lásd: 8. ábra.

A módosítás célja, hogy az operátor HMI-re ránézve azonnal meg tudja állapítani, hogy mi a probléma az összeszerelő géppel, milyen jellegű beavatkozást kell elvégeznie, hogy a gyártás folytatódhasson.

Ezt a hibajelzést szerettem volna megkülönböztetni azoktól a jelzésektől, amelyeket nem időkorlát túllépés, hanem alkatrész hiány vagy géphiba generál. Ezért az összeszerelő gép beszállítójával egyeztetve sárga szín használata mellett döntöttem, mégpedig a kijelző teljes területére vonatkoztatva. A kijelzőn a 'Megállás' felirat szerepel, középre rendezve. Ezen a képernyőn egyetlen funkciógomb kapott helyet 'Vissza a főképernyőre' felirattal, amellyel az operátor visszaléphet a főképernyőre és beazonosíthatja, hogy melyik szerelőállomáson van olyan elakadás, amely időtúllépést okozott és ami miatt az összeszerelési folyamat megállt.



10. ábra M58. összeszerelő gép HMI kijelzője a módosítás után alkatrész elakadás hiba esetében

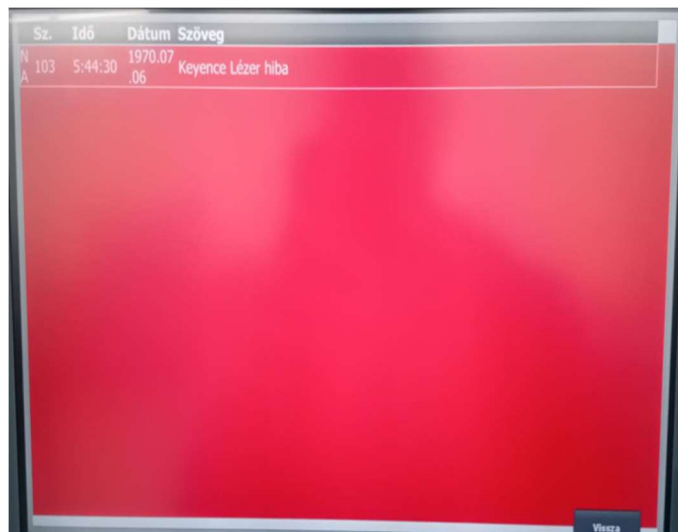
Ebben az esetben sajnos megmutatkozott a KTP400 HMI programozhatóságának hiányossága. Ezen az oldalon szerettem volna megjeleníteni annak az összeszerelő állomásnak a számát, ahol az elakadás történt, de erre sajnos nincs lehetőség, ezért az állomás beazonosításához az operátor kénytelen továbbra is a főképernyőt használni ahogy az a 8. ábrán látható.

3.2 A HMI kijelző átalakítása alapanyaghiány és gépállás esetén

Ahogy az ergonómiai szempontok szerint elvégzett vizsgálatom megállapította, ha az összeszerelő gép megáll, az operátor csak a 'Hibalista' gomb megnyomása után megnyíló hibalistából tud pontos információt kapni arról, hogy melyik összeszerelő állomáson kell beavatkozni ahhoz, hogy a gyártást folytatni lehessen. Véleményem szerint erre is a HMI kijelző átprogramozása a legegyszerűbb és leggyorsabb megoldás.

A módosítási elképzelésem legfontosabb szempontja az volt, hogy operátornak ne gombnyomással kelljen információt szereznie arról, hogy pontosan milyen hibával áll meg az összeszerelő gép. Szerettem volna, ha gépállás vagy alapanyaghiány esetén egyből a kijelzőn jelenik meg a hiba leírása és annak az állomásnak a száma, ahol az operátornak a beavatkozást el kell végeznie. Mivel ebben az esetben gépállásról és nem csak várako-

zásról van szó, ezért a figyelemfelkeltés érdekében a piros szín használata mellett döntöttem, mégpedig a képernyő teljes terjedelmében. Ezt a módosítást is az összeszerelő gép beszállítójával egyeztetve végeztük el. A legegyszerűbb megoldásnak az mutatkozott, hogy a 'hibalista' képernyőt nem a 'Hibalista' gomb megnyomása után jelenítjük meg a kijelzőn, hanem egyből a hiba keletkezésekor ez kerül a kijelzőre. Megváltottuk a megjelenített szöveg betűméretét is, így jobban olvasható lett. Ezen a képernyőn egy funkciógomb kapott helyet, egy 'Vissza' feliratú gomb, amellyel az operátor vissza tud térni a főképernyőre.



11. ábra Az M58 számú összeszerelő gép kijelzője a módosítás után, gépállás hiba esetén

3.3 A végrehajtott módosítások értékelése

A módosítások elvégzése után fontosnak tartottam, hogy azok értékeljék, akiket a legjobban érint. Ezért kikértem az összeszerelő gépen dolgozó operátorok véleményét.

A PLC program módosításával kapcsolatban megfelelő megoldásnak tartották, hogy külön jelzést kapott az alapanyag elakadás hibatípus. Hiányolták viszont, hogy nem jelenik meg a kijelzőn, hogy melyik szerelőállomás okozza a problémát.

A HMI módosításával kapcsolatban az operátorok szerint jó megoldás az, ha nincs szükség gombnyomásra a gépállás okának kiderítéséhez. A piros háttér messziről felhívja a

figyelmet a hibára, és a kijelző feliratainak növelése is könnyebbé teszi a probléma beazonosítását.

Ezek alapján úgy ítélt meg, hogy a módosítások elérték a céljukat, könnyebbé és ezáltal hatékonyabbá tették a munkavégzést.

4. AZ ÖSSZESZERELŐ GÉPBE INTEGRÁLHATÓ MEGOLDÁS MEGVALÓSÍTÁSA

4.1 A tervezett eszköz bemutatása

Az összeszerelő gép PLC programjában és HMI kijelzőjén elvégzett egyszerű módosítások megoldották az ergonómia vizsgálat során feltárt problémák egy részét, de nem oldották meg az összeset. Ezért olyan további megoldás kidolgozását tartottam szükségesnek, amely minden ergonómiai szempontból problémás folyamatletemet képes kezelni, és a lehető legnagyobb mértékben könnyíti meg az operátor munkavégzését.

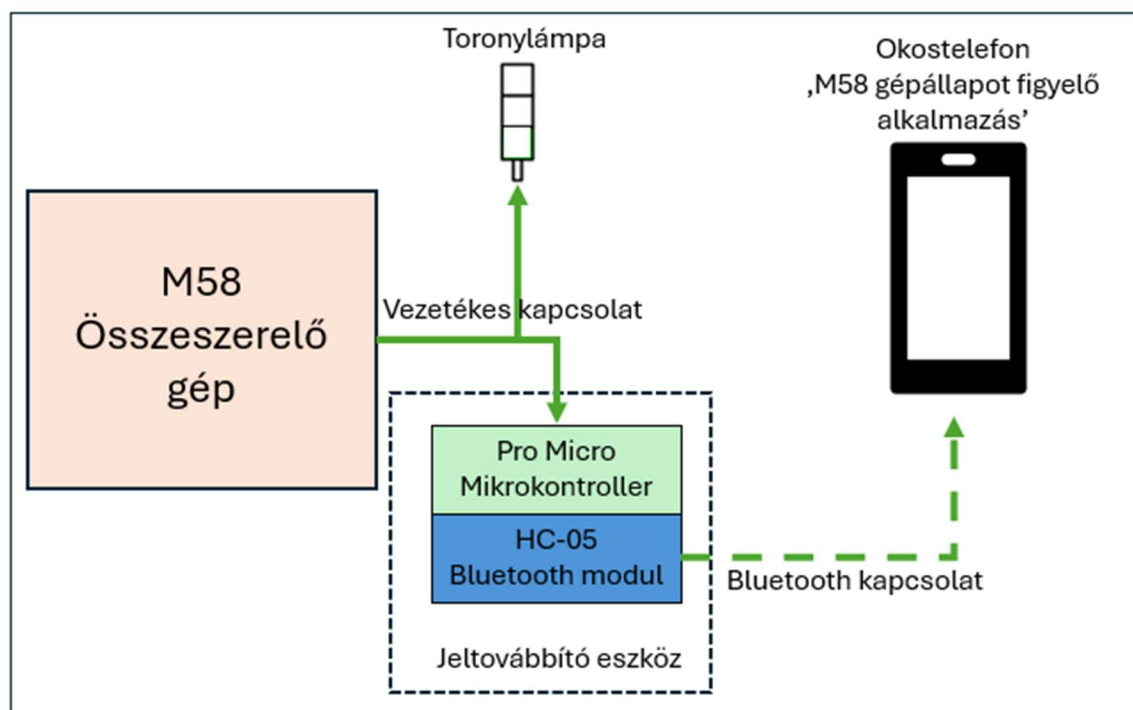
Az eszköznek az alábbi követelményeknek kell megfelelnie:

- az összeszerelő gép hibajeleit egyértelműen, jól érzékelhetően közvetíti az operátor felé
- független az operátor környezetében található, de az operátor számára nem fontos összeszerelő gépek zavaró hibajeleitől, fény és hanghatásától.
- megkönnyíti az operátor munkáját annak eldöntésében, hogy hiba esetén melyik összeszerelő gépen kell beavatkozni

Olyan eszközt szeretnék megvalósítani, amelynek egyik része közvetlen összeköttetésben áll az M58 összeszerelő géppel, másik része pedig egy hordozható eszköz az operátor részére. Azokat a jeleket, amelyeket a PLC vezérlő a toronylámpa felé továbbít, a gépbe integrált kommunikációs eszköz elküldi az operátornál lévő megjelenítőre. Az operátornál lévő eszköz, egy okostelefon, amely az összeszerelő géptől kapott jeleket összesíti, és ha beavatkozásra van szükség akkor erről hangjelzéssel és vizuális megjelenítéssel tájékoztatja az operátort. A hangjelzés módját a szükséges beavatkozás szerint változtatja meg. A vizuális megjelenítésnek tartalmaznia kell a beavatkozást igénylő összeszerelő gép számát és utalnia kell a beavatkozás módjára.

Az elkészítendő '*M58 gépállapot figyelő eszköz*' két részből áll. Az egyik része egy HC-05 típusú Bluetooth egységgel ellátott Pro-Micro mikrokontroller, amely integrálva van az M58-as összeszerelő gépbe. Az összeszerelő gép PLC vezérlője ugyanazokat a jeleket küldi el a mikrokontrollernek, mint amelyeket a toronylámpának. A mikrokontroller ezeket a jeleket Bluetooth-on keresztül továbbítja az operátornál lévő okostelefonra. Másik

r része az okostelefonon futó alkalmazás, ami feldolgozza a beérkezett információkat. Hangjelzéssel és rezgéssel figyelmezteti az operátort, hogy az összeszerelő gépen beavatkozásra van szükség, telefon kijelzőjén pedig megjeleníti a beavatkozás okát.



12. ábra M58 összeszerelő gépbe integrálható kommunikációs és megjelenítő eszköz elvi vázlata

A jelek feldolgozását és megjelenítését a 13. ábra foglalja össze.

Toronylámpa jelzése	Okosteleson kijelző színe	Okosteleson kijelző felirata	Hangjelzés
Zöld lámpa világít	Zöld, folyamatosan világít	M58 OK	nincs
Piros lámpa világít	Piros, folyamatosan világít	M58 STOP	van
Zöld lámpa világít, sárga lámpa világít	Sárga, folyamatosan világít	M58 meg fog állni	van
Piros lámpa villog, sárga lámpa világít	Piros, folyamatosan világít	M58 anyaghiány	van

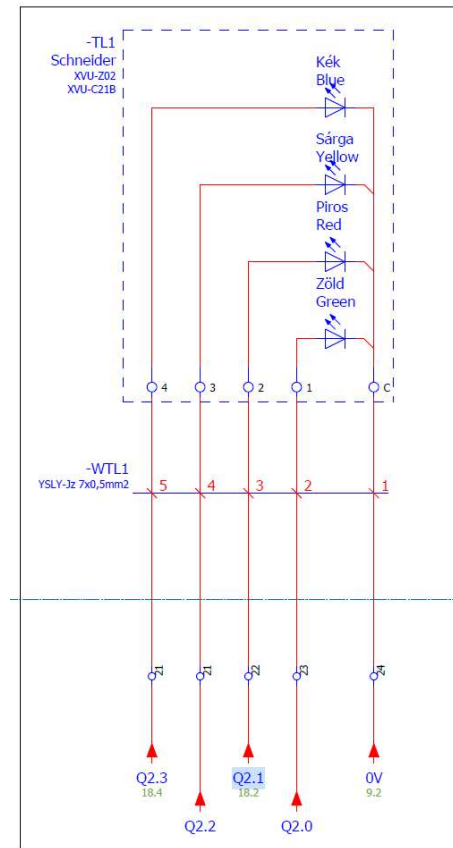
13. ábra Toronylámpa jelzéseinek megjelenítése az okostelesonon

4.2 M58 gépállapot figyelő eszköz megvalósítása

4.2.1 Felhasznált eszközök bemutatása

Összeszerelő gép használni kívánt kimeneti jelei

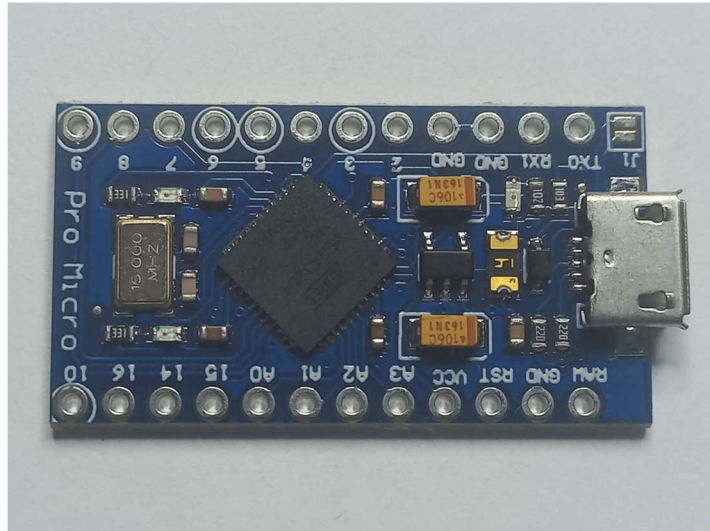
Az összeszerelő gép toronylámpája és a gépbe épített PLC vezérlő között közvetlen összeköttetés van, ahogy ez a 15. ábrán látható. A toronylámpa egy Schneider Electric XVU-C21B típusú négyszínű LED lámpa. A PLC vezérlőben négy kimenet van fenn tartva a lámpa számára, nevezetesen a Q2.0 a zöld, Q2.1 a piros, Q2.2 a sárga és Q2.3. a kék. Ez utóbbihoz jelenleg nincs jelzés rendelve, ezért nem csatlakoztatom a mikrokontrollerhez. A PLC kimeneti feszültsége 24V DC, mindhárom kimeneti jel esetében ezt a feszültség szintet kell kezelni.



14. ábra Az M58 összeszerelő gép Toronylámpa elektromos terve

Mikrokontroller bemutatása

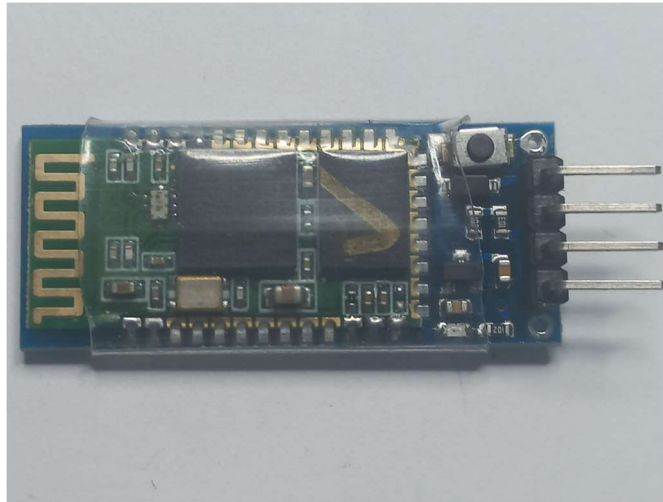
Az összeszerelő gépből érkező jelek feldolgozására és Bluetooth eszköz kezelésére a Sparkfun gyártmányú Pro Micro márkájú fejlesztőpanelt használtam, amely egy ATmega32U4 mikrokontrollerrel van ellátva. Azért esett a választásom erre a panelre, mert olcsó és könnyen elérhető, kompatibilis az Arduino eszközökkel, mivel ugyanazt a mikrochipcsaládot használja. Az Arduino IDE fejlesztőkörnyezetben az Arduino függvények segítségével könnyen programozható. 18 digitális bemeneti és kimeneti perifériával rendelkezik, külön RX/TX portokat biztosít a soros kapcsolat számára és a mikrokontroller számítási kapacitása is elegendő, hogy a tervezett feladatot ellássa. [5]



15. ábra Pro Micro fejlesztőpanel

Bluetooth modul leírása

Az összeszerelő gép jeleinek továbbítására a HC-05 Bluetooth modult választottam. Ez az eszköz a mikrokontrollerből soros kapcsolaton érkező jeleket alakítja Bluetooth jelekké és vissza. A Bluetooth V2.0 specifikációt használja amellyel 2,4 MHz-en kommunikál, az EDR-nek (Enhanced Data Rate, továbbfejlesztett adatátviteli sebesség) köszönhetően 3Mbit/s sebességgel. Hatótávolsága 10 m, ami a fejlesztéshez és a teszteléshez elegendő. Az üzemeléshez szükséges feszültsége 5V a soros kommunikációban a jelátviteli feszültsége 3,3 V. Kiválasztása mellett szól, hogy az egyik legelterjedtebb Bluetooth modul, amelyet az Arduino rendszerekben használnak, ezért kompatibilis a Pro Micro pannellel, könnyen és olcsón beszerezhető. Master és Slave módban is működhet, a váltást egy gombnyomással meg lehet tenni. [6]



16. ábra HC-05 Bluetooth modul

DC/DC konverter

A megvalósítani kívánt eszköz elemei különböző be és kimeneti feszültséggel működnek, ezért szükséges, hogy a feszültség szinteket átalakítsuk javoltábbbítás előtt. Az összeszerelő gép PLC vezérlőjének kimeneti feszültsége 24 V, a Pro Micro panel bemeneti feszültsége 5 V, a HC-05 Bluetooth modul bemeneti feszültsége pedig 3,3 V. Az összeszerelő géptől a Bluetooth jel továbbításáig kétszer kell a feszültséget csökkenteni. A választott eszköz a LM2596 lefokozó DC-DC átalakító, amelynek bemeneti feszültségértéke 3,2 V - 40 V között, kimeneti feszültsége pedig 1,25V - 35V között változhat. [7]



17. ábra LM2596 lefokozó DC-DC átalakító

4.2.2 Kapcsolás megvalósítása

Mivel az eszköz célja, hogy a toronylámpa jelzései alapján küldjön információt az operátor mobiltelefonjára, ezért a zöld (Q2.0) a piros (Q2.1) és a sárga (Q2.2) jeleket kell az Pro Micro egységbe kötni. Valójában elegendő lenne csak a piros és a sárga jelet továbbítani a mikrokontrollerek, hiszen az operátor számára csak ezeknek van olyan jelentése, amik alapján be kell avatkoznia. A zöld jelzésnek a szerepe ebben az esetben nem csak az lesz, hogy jelezze az operátornak, hogy a gép működik és minden rendben van. Azzal, hogy a zöld jelzés, tehát a minden rendben jelzés meglétét figyelem, biztos lehetek benne, hogy Bluetooth egység és az operátornál lévő mobiltelefon között a kapcsolat létrejött, és nem szakadt meg. Ha a Q0.2 jel valamilyen okból nem érkezik meg a mobiltelefonra, akkor az valamilyen meghibásodást fog jelezni az eszközben vagy a kapcsolatban. Ez lehet olyan jellegű hiba is, amelyet nem észlelnénk biztosan akkor, ha csak a Bluetooth kapcsolatot monitíroznánk.

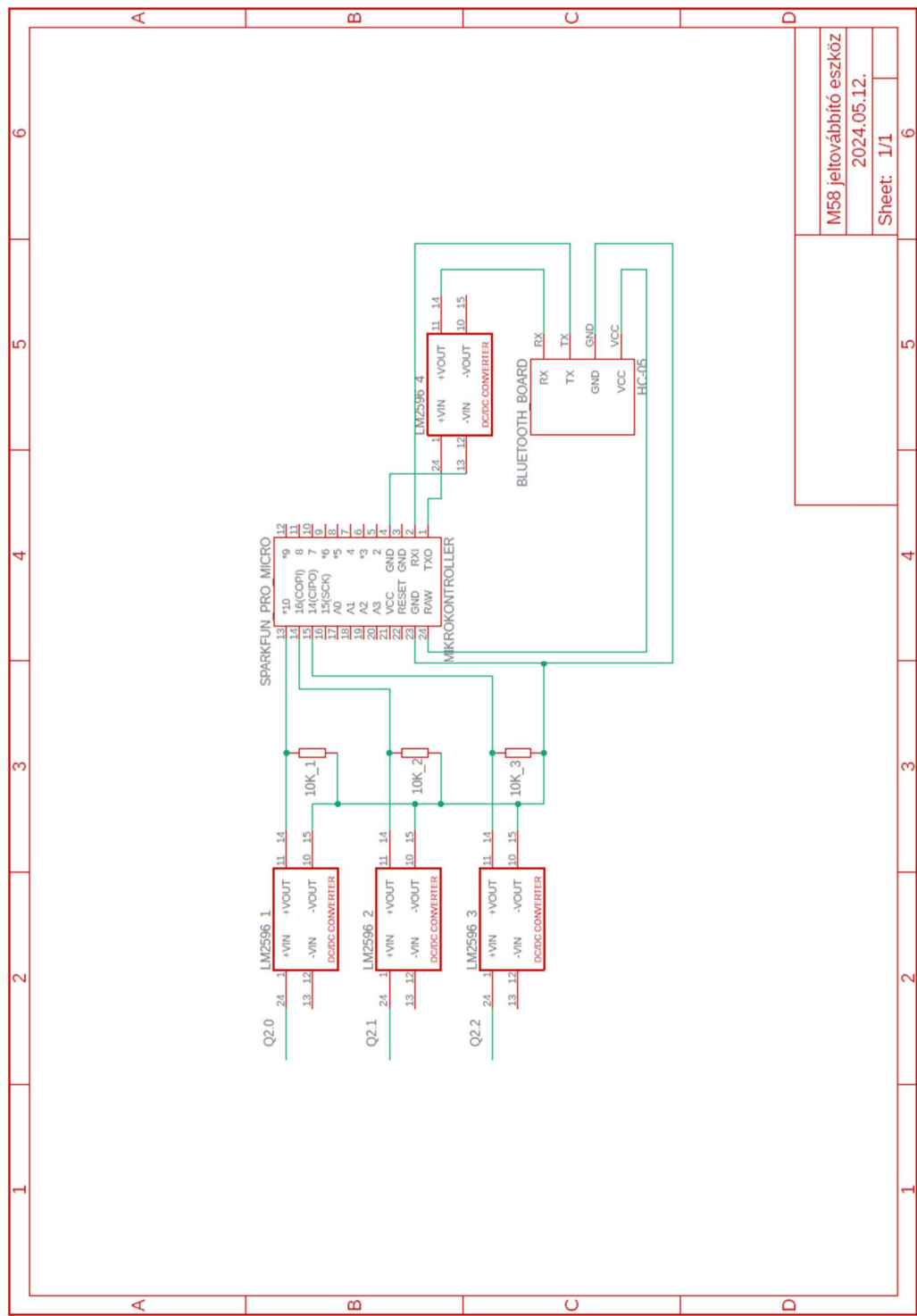
Az összeszerelő gép Q2.0, Q2.1 és Q2.2 vezetékei egy-egy LM2596 DC/DC konverterhez csatlakoznak, amelyek a PLC 24 V-os kimeneti feszültségét a mikrokontroller számára megfelelő 5 V-os feszültségre csökkentik. A Pro Micro panel 10., 16. és 14. lábára csatlakoztattam sorrendben a Q2.0, Q2.1 és Q2.2 vezetékeket.

A csatlakoztatásnál figyelembe kellett vennem, hogy a mikrokontroller lábait már alacsony bemenő áramerősség is át tudja billenteni alacsony állapotból magas állapotba. Ezért stabilizálni kell a bemenetek állapotát, például egy 10k Ω -os ellenállással. [8]

Mindhárom pin esetében 10k Ω -os lehúzó ellenállást használtam, hogy alacsony (LOW) szinten stabilizáljam a bemeneteket és elkerüljem a jel bizonytalan állapotát.

A Pro Micro panel rendelkezik nevesített soros portokkal a TX0 és az RX1 használható alaptól soros kommunikáció megvalósítására. A HC-05 Bluetooth modult ezeken a pinen keresztül csatlakoztattam a mikrokontrollerhez. Mivel a mikrokontroller kimeneti feszültsége 5V a Bluetooth modul bemeneti feszültsége pedig 3,3 V, ezért ebben a kapcsolatban is szükség van egy LM2596 DC/DC átalakítóra, mégpedig a mikrokontroller TX0 lába és a Bluetooth modul RXD lába között. Enélkül a modul károsodhat. Az RX1 és a TXD pinek között nincs szükség átalakítóra, mert a Bluetooth modul irányából nem terveztem kommunikációt megvalósítani a mikrokontroller irányába. Ha a későbbiekben

szükség lenne ilyen irányú kapcsolatra, az megvalósítható átalakító nélkül, mert a HC-05 modul által küldött 3,3 V-os jelet a mikrokontroller már magas jelként értelmezi.



18. ábra Jeltovábbító eszköz kapcsolási rajza

4.2.3 Jeltovábbító program megvalósítása

A jeltovábbító algoritmus feladata, hogy az összeszerelő gépből a mikrokontrollerre érkező jeleket feldolgozza, értékelje és továbbítsa a Bluetooth egységen keresztül az operátor mobiltelefonjára.

A jeltovábbító program felépítése

A programozáshoz az Arduino IDE fejlesztőkörnyezetet használtam mert támogatja az ATmega32U4 mikrokontrollert, és a beépített könyvtárak használatával egyszerűsíti a feladat megvalósítását. A Bluetooth egység soros porton keresztül csatlakozik a mikrokontrollerhez, ezért a két eszköz közötti kommunikációt soros kapcsolaton keresztül kell megvalósítani.

Az Arduino fejlesztő környezet lehetőséget ad a soros kommunikáció szoftveres megvalósítására, a *SoftwareSerial.h* könyvtár használatával. A *SoftwareSerial()* parancs használatával deklarálni lehet a soros kommunikációt és ki lehet jelölni azokat a portokat, amelyek a kommunikáció adó (RX) vagy vevő (TX) szerepét látják el. Ezzel a módszerrel mikrokontroller bármelyik digitális portja alkalmassá tehető a soros kommunikációra. Fontos megjegyezni, hogy a kommunikáció csak egyirányú lehet, illetve figyelembe kell venni, hogy az egyes mikrokontrollerek esetében nem minden port alkalmas erre a feladatra. A *begin()* utasítással kell beállítani az adatátviteli sebességet, ezt követően az eszköz készen áll a soros kommunikációra. [9]

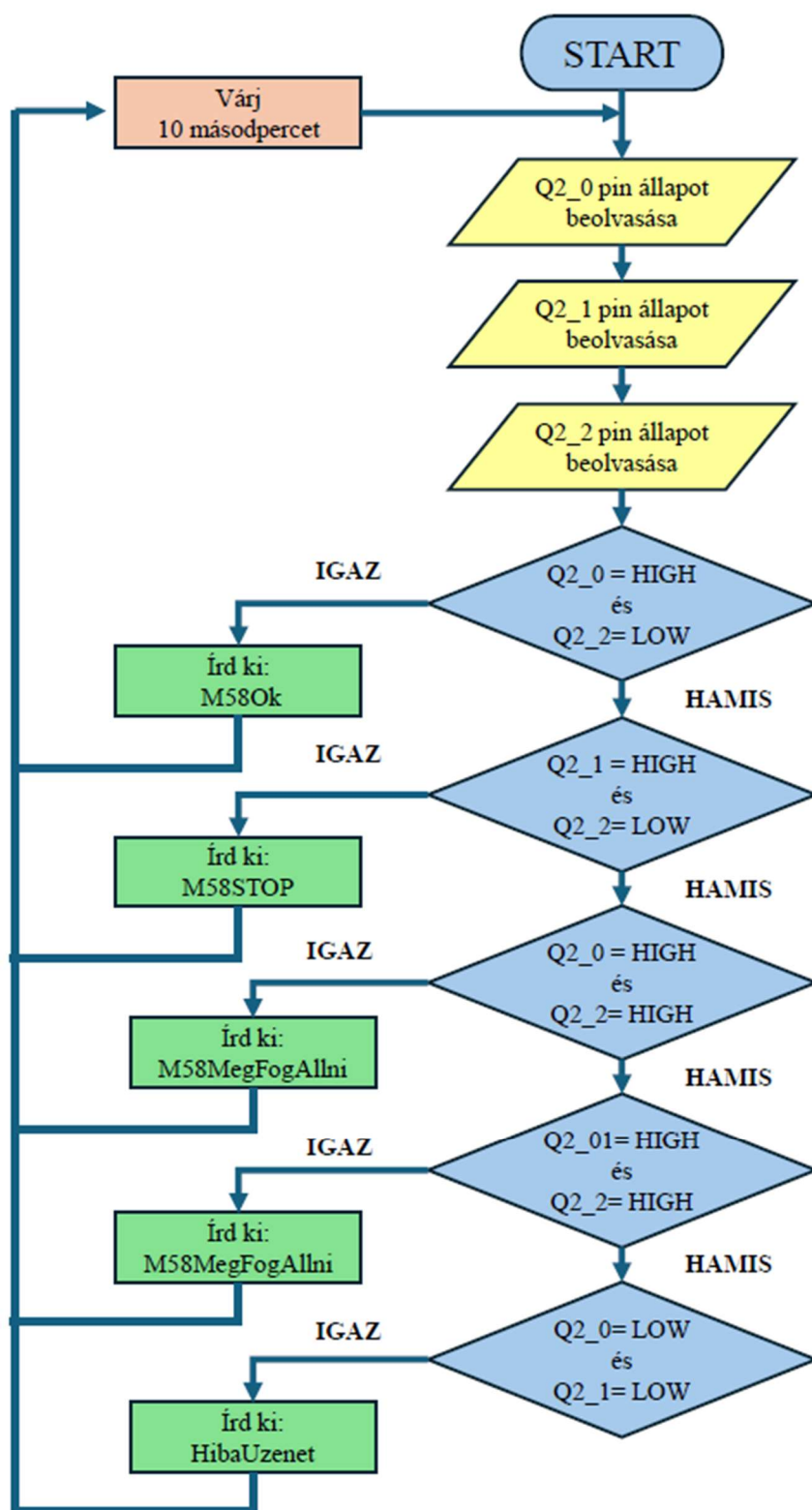
Ezután meghatároztam a mikrokontroller portjait, amelyeket használni szeretnék és beállítottam a be és kimeneteket, az alábbiak szerint:

- 0. pin: soros kommunikáció, vevő (RX), bemenet (INPUT)
- 1. pin: soros kommunikáció, adó (TX), kimenet (OUTPUT)
- 10. pin, összeszerelő gép Q2.0 jel, bemenet (INPUT)
- 16. pin összeszerelő gép Q2.1 jel, bemenet (INPUT)
- 14. pin összeszerelő gép Q2.2 jel, bemenet (INPUT)

Az összeszerelő gép jeleit alaphelyzetbe kell állítani a program futása előtt '0' érték megadásával, hogy a program elindulásakor egyik bemenet se maradjon fel magas (HIGH) jelszinten. A soros kommunikáció adatátviteli sebességét 9600 b/s értéken határoztam meg.

Az algoritmus felépítése nagyon egyszerű ahogy az a 22. ábrán is látható. Az elindulás után a program beolvassa az összeszerelő géppel összekötött bemenetek állapotát, amely magas (HIGH) vagy alacsony (LOW) értéket vehet fel. Ezután a 16. ábrán már részletezett szempontok alapján vizsgálja meg, hogy az egyes pinek milyen jelszinten vannak és ez alapján a soros portra írja az előre meghatározott változóban tárolt üzeneteket. Mivel a Q2.2 jel, amely a toronylámpán a sárga jelzést vezérli csak másik jelekkel vagy a Q2.0-val vagy a Q2.1-gyel együtt jelenhet meg, ezért ennek a pinnek az állapotát egyedileg nem vizsgálja a program. Ugyancsak nem veszi figyelembe ezt a jelet akkor sem, mikor a kapcsolat meglétét vizsgálja az összeszerelő gép és a mikrokontroller között. Elegendő a Q2.0 és a Q2.1 jelnek alacsony (LOW) szinten lenni ahhoz, hogy az eszköz a „Kapcsolat megszakadt” hibaüzenetet továbbítsa a Bluetooth egység, és azon keresztül a mobiltelefon felé. A művelet befejezése után a program 10000ms-ot, tehát 10 másodpercet várakozik mielőtt újrakezdené a ciklust. Ennél nagyobb várakozási idő már hosszú állásidőt okozna, az üzenet túl későn menne el az operátor telefonjára. Az algoritmus úgy épül fel, hogy nincs benne kilépési feltétel, a program egészen addig ismétli a műveletsort, amíg a mikrokontroller áram alatt van.

Az algoritmus tesztelésének időtartamára beillesztettem a programba egy olyan funkciót, amely nem csak a Bluetooth eszköz felé továbbítja az üzeneteket, hanem a mikrokontroller saját soros portjára is. Ezzel ellenőrizni tudtam, hogy a vezérlő és a Bluetooth modul között megfelelő-e a kapcsolat, ugyanazok az adatok jelennek-e meg a soros monitoron, mint az okostelefon kijelzőjén. A program végleges verziójába ez a funkció nem került bele.

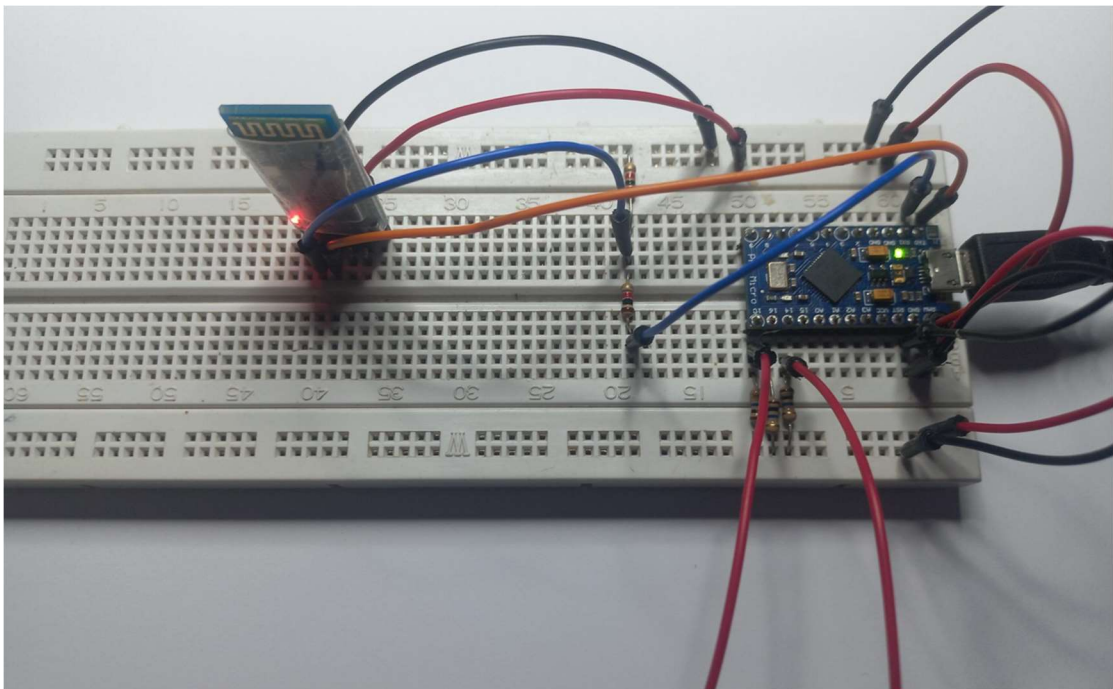


19. ábra Jeltovábbító algoritmus folyamatábrája

4.2.4 Jeltovábbító eszköz tesztelése

A tesztelés célja az volt, hogy ipari környezetben vizsgáljam meg az eszköz működését, meggyőződjek arról, hogy az elvárt funkciói megfelelően működnek, illetve, ha bármilyen hiányosságot tapasztalok, akkor azt javítani tudjam.

A teszteléshez összekapcsoltam az M58 összeszerelő gépről érkező vezérlő jeleket az Jeltovábbító eszközzel a kapcsolási rajznak megfelelően. Ahhoz, hogy a mikrokontroller belső soros portján történő üzenetküldést monitorozni tudjam, az eszközt USB porton keresztül csatlakoztattam a fejlesztéshez használt laptophoz. A Bluetooth kommunikáció ellenőrzéséhez a „*Serial Bluetooth Terminal*” elnevezésű alkalmazás 1,47-es verzióját használtam, amely ingyenesen letölthető. Ez az alkalmazás tud kommunikálni a HC-05 modullal és képes megjeleníteni a Bluetooth-on érkező szöveges üzeneteket, tehát megfelelő a Bluetooth kommunikáció teszteléséhez.



20. ábra Jeltovábbító eszköz tesztelése

Tesztelt jellemző: a Jeltovábbító eszköz minden alkatrésze működőképes.

Tesztelés módja: eszköz bekapcsolása, feszültségmérés a DC/DC átalakító eszközök kimenetein, az alkatrészek összekapcsolása, a Bluetooth modul csatlakoztatása az okostelefonhoz

Elvárt eredmény: a mikrokontroller és a Bluetooth modul működik, az összeszerelő gépről a mikrokontrollerbe érkező jelek feszültsége 5 V, a Bluetooth modulba érkező TX jel feszültsége 3,3 V, a Bluetooth kapcsolat létrejön a HC-05 modul és az okostelefon között

Tapasztalt eltérés: nincs

Értékelés: a működés megfelelő, javító intézkedés nem szükséges

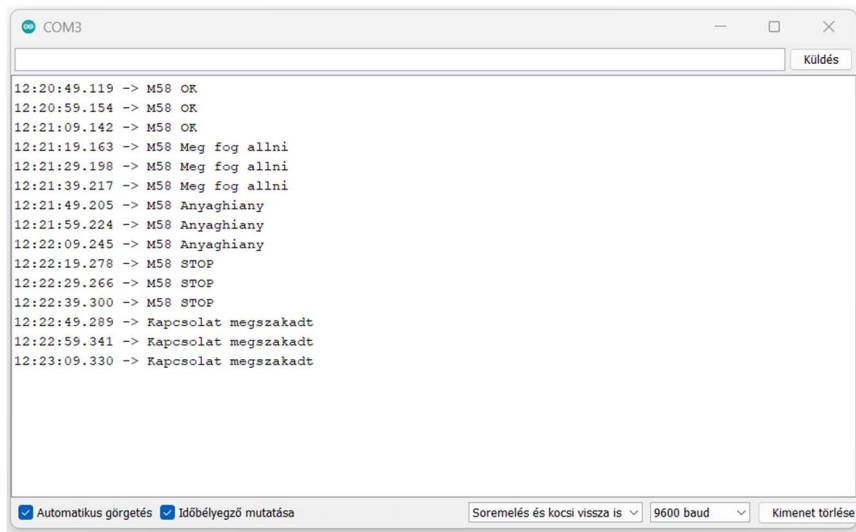
Tesztelt jellemző: az összeszerelő gépből érkező jelek feldolgozása megtörténik az eszköz a megfelelő üzenetet továbbítja

Tesztelés módja: az M58 összeszerelő gép működése során előforduló jelek előállítása a mikrokontroller bemeneti portjain a 16. ábrának megfelelő kombinációkban. A mikrokontroller belső soros portjának monitorozása

Elvárt eredmény: az összeszerelő gépből érkező jelek alapján az eszköz a megfelelő üzenetet továbbítja a soros monitorra. Jelzi, ha nincs kapcsolat az összeszerelő gép és a mikrokontroller között.

Tapasztalt eltérés: nincs

Értékelés: a működés megfelelő, javító intézkedés nem szükséges



21. ábra Jeltovábbító eszköz tesztelésnek eredménye a soros monitoron

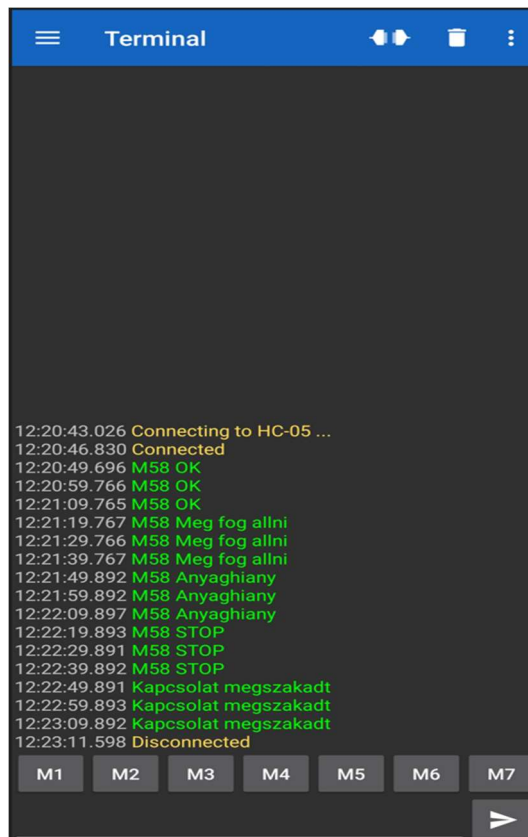
Tesztelt jellemző: az eszköz az üzeneteket Bluetooth hálózaton keresztül továbbítja okostelefonra

Tesztelés módja: az M58 összeszerelő gép működése során előforduló jelek előállítása a mikrokontroller bemeneti portjain a 16. ábrának megfelelő kombinációkban. Az okostelefonra érkező üzenetek monitorozása a *Serial Bluetooth Terminal* alkalmazás segítségével.

Elvárt eredmény: az összeszerelő gépből érkező jelek alapján az eszköz a megfelelő üzenetet továbbítja az okostelefonra. Jelzi, ha nincs kapcsolat az összeszerelő gép és a mikrokontroller között.

Tapasztalt eltérés: nincs

Értékelés: megfelelő, javító intézkedés nem szükséges



22. ábra Jeltovábbító eszköz tesztelésnek eredménye az okostelefonon

Teszteredmények értékelése

Az eredmények alapján a Jeltovábbító eszköz a tervezés során meghatározott funkciókat el tudja látni. Alkalmas arra, hogy az M58 összeszerelő gépből érkező jeleket fogadja, feldolgozza, és ezek alapján üzenet küldjön Bluetooth kommunikációs csatornán keresztül az operátor okostelefonjára.

4.2.5 M58 Gépállapot figyelő alkalmazás megvalósítása

Fejlesztői környezet bemutatása

Az alkalmazást Samsung Galaxy A32-es okostelefonra fejlesztettem, amelyen az Android operációs rendszer 13. verziója fut. Azért ezt a telefont választottam, mert a SEWS-CE-ben, ez a legelterjedtem céges használatban lévő telefontípus.

Az alkalmazást az *MIT APP INVENTOR* alkalmazásfejlesztő környezetben készítettem el. Ez egy ingyenes, oktatási célú az online fejlesztői környezet, amely lehetőséget ad egyszerű felhasználó alkalmazások fejlesztésére IOS és Android rendszerekre egyaránt. Blokk alapú eszköz, használatához nincs szükség új programnyelv elsajátítására, és sok beépített funkcióval rendelkezik, amelyek megkönnyítik a fejlesztést. [10]

Azért választottam az *MIT APP INVENTOR*-t a munkámhoz, mert úgy gondoltam a alkalmas lesz arra, hogy egyszerű, mégis minden funkciót ellátni képes programot készthessek vele, amely alkalmas a funkciók tesztelésére a fejlesztés korai szakaszában, akár ipari környezetben is.

Az M58 Gépállapot figyelő alkalmazás tervezése, elvi felépítése

Az alkalmazás kialakításakor fontos szempont volt, hogy ne csak az összeszerelő gép és az okostelefon közötti kommunikáció tesztelésére legyen felhasználható, hanem úgy működjön, mint egy mindennapi használatra alkalmas program. Ezért beleépítettem olyan alapvető funkciókat is, mint a Bluetooth eszközhöz kapcsolódás, a kapcsolat bontása és az alkalmazás bezárása is. Másrésről, a program egyelőre csak az ergonomikus kijelzés elképzelésének tesztelésére szolgál, így nem szerettem volna feleslegesen túlbonyolítani.

A megjelenítéshez egy képernyőt elegendőnek tartottam. Ezen a képernyőn lehet megvalósítani a Bluetooth kapcsolódást az összeszerelő géphez, illetve bontani a csatlakozást és bezárni a programot. Ezeket a gombokat úgy terveztem, hogy a lehető legkisebb helyet foglalják el, de a helytakarékosság ne menjen a használhatóság rovására. Fontos, hogy az operátor jól lássa a gombok funkcióit, és a kijelzőn a gombnyomások területe jól elkülönüljön, így jobban elkerülhető a félrekattintás lehetősége. A gombok színének kéket választottam, mert ez minden használni kívánt színből kiemelkedik annyira, hogy a felhasználó nehézség nélkül megtalálja. A képernyő nagy részét, legalább 50 %-át, az összesze-

relő gép irányából érkező jelek megjelenítésére szerettem volna fenntartani. Természetesen az üzenet tartalma nem foglalja el teljes egészében ezt a képernyőrészt, mert túl nagy betűméret használatával a szöveges megjelenítés nem lenne tökéletes, szétesne. Az üres terület háttér színét viszont az üzenet szövegének megfelelően változtatni lehet, és ez akkor érvényesül a legjobban, ha a kijelző minél nagyobb része válik egyszínűvé, vagy az egész képernyő a gombokon és feliratokon kívül. Ezzel minél jobban hangsúlyozni szerettem volna a gép állapotát jelző színt, hogy az operátor ez alapján ránézésre el tudja dönteni, hogy van-e szükség beavatkozásra, akár a felírat elolvasása nélkül is.

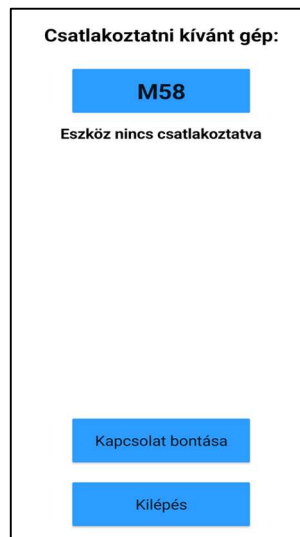
Ahhoz, hogy az okostelefon a Bluetooth modulhoz csatlakozni tudjon, meg kellett valósítani a kapcsolatot az alkalmazásban. Erre a fejlesztő környezet nagyon egyszerű megoldást kínál, egy gombnyomás után meg lehet jeleníteni telefonnal párosított eszközök listáját, és ebből ki lehet választani a HC-05 modult. Ennek egyetlen feltétele, hogy a program használata előtt párosítani kell a jeltovábbító eszközt a használni kívánt okostelefonnal. A programban lehetőség van a Bluetooth kapcsolat bontására is, így a későbbiekben másik összeszerelő gép jeltovábbító eszközét is ki lehet választani anélkül, hogy a programot újra kellene indítani. A kapcsolat állapotát egy szövegdobozban jelenítem meg, egyszerű szöveges üzenetként. A kikapcsolás ugyancsak egy gombnyomással elérhető, de megerősítésre van szükség ahhoz, hogy az alkalmazás leálljon.

Miután a Bluetooth kapcsolat létrejött, az alkalmazás egy időzítő beállításai alapján bizonyos időközönként lekérdezi a telefon Bluetooth kliensét, hogy érkezett-e üzenet a csatornán. A jeltovábbító eszköz 10 másodpercenként küldi az adatokat az okostelefon felé, ezért ezt az időzítőt is 10 másodperce állítottam be. Ha érkezik üzenet akkor azt az alkalmazás megjeleníti a képernyő közepén elhelyezett szövegdobozban. Ha nincs üzenet, akkor jelzi, hogy nincs kapcsolat a jeltovábbító eszközzel. A program a Bluetooth kapcsolaton keresztül érkező üzenet szövegét összehasonlítja a programblokkokban megadott szöveggel, és egyezés esetén az előre tárolt színre változtatja a középső szövegdoboz hátterét és a kijelző hátterét is. Ezzel létrejön az elvárt színes felület a képernyő nagy részén, amely megfelelő jelzés az operátor számára. A képernyő színének megváltoztatása azonban kevés ahhoz, hogy az operátor figyelmét felhívjuk arra, hogy beavatkozásra van szükség. Lezárt telefon képernyő esetén vagy ha az alkalmazás fut a telefonon de csak a hát-

térben és nem a kijelzőn, akkor a színes megjelenítésnek nincs jelentősége. Ezért szükségesnek láttam hanggal és rezgéssel is figyelmeztetni a dolgozót arra, hogy megváltozott az összeszerelő gép állapota. Ha a gép állapota rendben van akkor nincs szükség figyelmeztető hangra vagy rezgésre. A beavatkozást igénylő gépállapotokhoz, illetve a megszakadt kapcsolat jelzéséhez egy-egy hangot és rezgésfrekvenciát rendeltem. A program ezeket a figyelmeztető hang-rezgés kombinációkat is a beérkezett szöveg vizsgálata alapján állítja be. A figyelmeztető hang és a rezgés akkor is elindul, ha a telefon kijelzője le van zárva, vagy ha a Gépállapot figyelő alkalmazás csak a háttérben fut, ezzel biztosítja, hogy az operátor tudomást szerezzen a beavatkozást igénylő helyzetről.

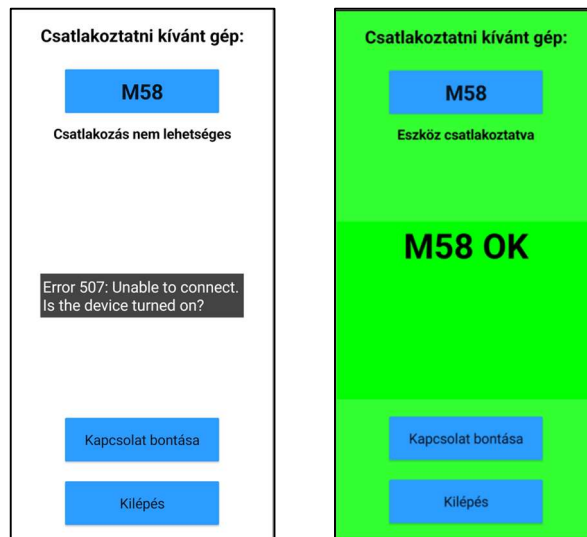
M58 Gépállapot figyelő alkalmazás működése

Az alkalmazást a telefon képernyőjén látható *M58 Gépállapot figyelő* feliratú ikonnal lehet indítani. Ez után jelenik meg a főképernyő, amely jelenleg az alkalmazás egyetlen képernyője. A kijelző tetején található egy *Csatlakoztatni kívánt gép*: felirat, ami alatt a tesztelés időpontján csak az 'M58' feliratú gomb helyezkedik el. Alatta egy szövegdobozban a kapcsolat állapotjelző található, alaphelyzetben *Eszköz nincs csatlakoztatva* felirattal. A képernyő közepén induláskor egy üres felület található, működés közben itt jelennek meg az összeszerelő gép által küldött üzenetek. A képernyő alsó részén kapott helyet a *Kapcsolat bontása* és a *Kilépés* gomb. Előbbi bontja a Bluetooth kapcsolatot, utóbbi bezárja az alkalmazást.



23. ábra M58 Gépállapot figyelő alkalmazás bekapcsolás után, alaphelyzetben

A Bluetooth kapcsolat létrehozásához az operátornak ki kell választani a gépet, amelyhez csatlakozni szeretne, a gép számát tartalmazó gomb megnyomásával. Ekkor megjelenik a Bluetooth eszköz kiválasztó képernyő, amelyen a csatlakoztatott eszközök listája látható. A HC-05 modul kiválasztása után a főképernyő jelenik meg, a kapcsolat állapotjelző már *Eszköz csatlakoztatva* felirattal jelzi a kapcsolat létrejöttét. Ha a kapcsolat nem jöhet létre, vagy azért vagy a HC-05 modul nem működik vagy a Bluetooth kapcsolat nincs bekapcsolva a telefonon, akkor *Csatlakozás nem lehetséges* üzenet jelenik meg, illetve egy angol nyelvű automatizált hibakód. Ha az összeszerelő gép a csatlakozáskor már működik akkor egyből megjelenik a gép aktuális állapota a kijelzőn, ha nem működik, akkor pedig a *Kapcsolat megszakadt* jelzés, ami az összeszerelő gép és a Jeltovábbító egység közötti kapcsolat hiányára figyelmeztet.



24. ábra M58 Gépállapot figyelő alkalmazás kijelzője, ha Bluetooth kapcsolat nem lehetséges, illetve a kapcsolat létrejötté után megfelelő gépműködés esetén

Az alkalmazás a kapcsolat létrejötté után folyamatosan működik, kikapcsolásig. Alap esetben zöld képernyővel hangjelzés nélkül, 'M58 OK' felirattal jelzi, hogy az összeszerelő gép működik, ahogy az a 23. ábrán látható. Ha a gép állapotában változás állna be, akkor a kijelző színe és a közepén elhelyezkedő felirat megváltozik a 13. ábrán megadottak szerint.



25. ábra M58 Gépállapot figyelő alkalmazás kijelzője az összeszerelő gép különböző állapotainak megfelelően

Az 'M58 OK' állapot kivételével a telefon különböző dallamú hangjelzésekkel és vibrálással hívja fel az operátor figyelmét, hogy az összeszerelő gépen beavatkozás szükséges. A jelzés folyamatosan ismétlődik 5 másodpercenként egészen addig, amíg a beavatkozás meg nem történik, vagy az operátor be nem zárja az alkalmazást. Ha az operátor csak a képernyőt zárja le, a hangjelzés és a vibráció továbbra is fennmarad.



26. ábra M58 Gépállapot figyelő alkalmazás megerősítő kérdés az alkalmazás bezárása előtt

A 'Kapcsolat bontása' és a 'Kilépés' gombok használatakor az alkalmazás megerősítést kér a műveletek végrehajtása előtt, ezzel elkerülhető, hogy az operátor véletlenül bontsa a kapcsolatot vagy bezárja az alkalmazást.

4.2.6 M58 Gépállapot figyelő alkalmazás tesztelése

Az alkalmazás tesztelését a jeltovábbító eszköz teszteléséhez hasonlóan az automata összeszerelő területen végeztem el. Lehetőségem volt egy órás gyártás alatt megfigyelni az alkalmazás és a teljes rendszer működését. A jeltovábbító berendezést összekapcsoltam az M58 összeszerelő géppel, bekapcsoltam a mikrokontrollert és a Bluetooth modult, hogy a program összes funkcióját ellenőrizni tudjam.

Tesztelt jellemző: az alkalmazás képes Bluetooth kapcsolatot létesíteni a jeltovábbító eszközzel

Tesztelés módja: az *M58 Gépállapot figyelő* alkalmazás csatlakoztatása az M58 összeszerelő gépre illesztett és működőképes jeltovábbító eszközhöz.

Elvárt eredmény: a telefon és a jeltovábbító eszköz párosítása után az alkalmazás menüjéből a Jeltovábbító eszköz elérhető. Az eszköz egy kattintással csatlakoztatható, a kapcsolat létrejöttéről üzenet jelenik meg a kijelzőn. Az alkalmazás tájékoztatás ad abban az esetben, ha a Bluetooth kapcsolat nem jött létre.

Tapasztalt eltérés: nincs

Értékelés: megfelelő, javító intézkedés nem szükséges

Tesztelt jellemző: az alkalmazás fogadja és megfelelően értékeli az összeszerelő gépből érkező jeleket, és ennek megfelelően jelzi a gép aktuális állapotát.

Tesztelés módja: az M58 összeszerelő gép működése során előforduló jelek előállítása a mikrokontroller bemeneti portjain a 16. ábrának megfelelő kombinációkban. Az okostelefonra érkező üzenetek hatására létrejövő figyelmeztető jelzések értékelése az *M58 Gépállapot figyelő* alkalmazásban

Elvárt eredmény: a az összeszerelő gépből érkező jelek alapján az alkalmazás az elvárt figyelmeztető jelzéseket adja. A gép állapotát jelző feliraton kívül a kijelző színe, a hangjelzés, és a vibráció frekvenciája is megváltozik a gép állapot változásának hatására. Jelzi, ha nincs kapcsolat az összeszerelő gép és a mikrokontroller vagy a mobiltelefon között. A hangjelzés és a vibráció akkor is fennmarad, ha a telefon kijelzője le van zárva, illetve, ha az alkalmazás csak a háttérben fut.

Tapasztalt eltérés: nincs

Értékelés: megfelelő, javító intézkedés nem szükséges

Tesztelt jellemző: az alkalmazás képes a Bluetooth kapcsolat bontására és a kapcsolatot ismételt létrehozására, és a kikapcsolásra.

Tesztelés módja: Bluetooth kapcsolat megszüntetése a *Kapcsolat bontása* gomb megnyomásával. A Bluetooth kapcsolat újraindítása az összeszerelő gép számát jelző gomb megnyomásával. Az alkalmazás bezárása a *Kilépés* gomb használatával.

Elvárt eredmény: A *Kapcsolat bontása* és a *Kilépés* gomb megnyomásának hatására az alkalmazásnak jóváhagyást kell kérnie. A Bluetooth kapcsolat bontása és az alkalmazás bezárása csak a jóváhagyás megadása után történik meg. A Bluetooth kapcsolat a megszüntetés után gombnyomással létrehozható, az alkalmazást újraindítása nélkül.

Tapasztalt eltérés: nincs

Értékelés: megfelelő, javító intézkedés nem szükséges

Használat tesztelése munkavégzés közben

Az alkalmazás megfelelő működésének legfontosabb része az összeszerelő gép állapotára vonatkozó információk megjelenítése az okostelefonon olyan módon, hogy az az operátor számára a lehető legkönnyebben értelmezhető legyen. Ezért teszteltem az alkalmazást az M58 összeszerelő gépen történt munkavégzés közben is, a gép kezelésével megbízott kolléga bevonásával. Ezeket a tapasztalatokat az alábbiakban értékelem.

Az alkalmazás működésének rövid bemutatása után a jeltovábbító eszköz párosítása a telefonnal nem jelentett problémát, és az alkalmazás indítása és az összeszerelő géphez történő csatlakoztatása is könnyen megtörtént. A dolgozó jelezte, hogy a jeltovábbító eszköz elnevezése és az alkalmazásban megjelenő név nem azonos. Az alkalmazásban az modul típusa HC-05 jelenik meg, ez a fejlesztői környezet sajátossága. A jelenség javítása szükséges, de csak másik szoftver fejlesztői környezet használatával lehetséges.

Az eszköz egy órás működtetése során nem jelentkezett hiba az alkalmazásban. A gép állapotában történő változásokat az időzítéseknek megfelelően jelezte. A tesztelésre felkért kolléga szerint a jelzések jól értelmezhetőek, már a képernyő színe alapján felismerhető a probléma és a beavatkozás módja. A hangjelzést és a rezgést megfelelő mértékben figyelemfelkeltőnek ítélte meg lezárt képernyő esetén is. Személyes megjegyzése szerint a hangjelzések lehetnének kevésbé egyedi hangzásúak is, mert az anyagiánnyra és a gép

állítására figyelmeztető jelzőhang hosszú távon zavaró. A fejlesztés során igyekeztem egymástól különböző hangzású jelzéseket választani, amelyek megfelelően figyelemfelkeltőek, de a tapasztalatok azt mutatják, hogy ezek kevésbé zavaró hangokra kell cserélni.

Összesítve a tesztelés során szerzett tapasztalatokat, elmondható, hogy az *M58 Gépállapot figyelő* alkalmazás képes megfelelően együtt működni az M58 összeszerelő gépben elhelyezett Jeltovábbító eszközzel. A dolgozói értékelés alapján az alkalmazás kezelőfelülete egyértelmű, könnyen használható, a kapott jelzések világosak, értelmezésük könnyű, rövid idő alatt megtanulható, és munkavégzés közben is alkalmazható. A kapott fejlesztési javaslatokat beépítem a továbbfejlesztett alkalmazásba.

5. FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

A dolgozatomban célja az volt, hogy egyszerű olcsó és könnyen megvalósítható eszközökkel javítsam egy munkahely ergonómiáját. Az alábbiakban ismertetem azokat a lehetőségeket, mellyel javítani lehet a javasolt megoldások hatékonyságán.

Ahhoz, hogy a javasolt eszköz és rendszer valóban ergonomikus legyen és valóban megkönnyítse az operátor munkáját, alkalmassá kell tenni arra is, hogy három gép jeleit dolgozza fel és továbbítsa az okostelefonra. Ebben az esetben meg kell valósítani a jelek prioritizálását is, ami alapján a program eldönti, hogy melyik összeszerelő gép jelzése a legfontosabb és csak azt küldi el az operátornak. Amikor a beavatkozás az adott gépen megtörtén, utána küldi el a második legfontosabb jelet és így tovább. Így elérhető egy teljesen ergonomikus megjelenítési rendszer több összeszerelő gépes környezetben, ahol az operátornak csak azt az információt kell feldolgoznia, amelyre valóban szüksége van. A több összeszerelő gépes rendszer megvalósításához több mikrokontroller egyidejű alkalmazására van szükség, és meg kell vizsgálni azt is, hogy erre az összetett feladatra a Bluetooth kommunikáció a legjobb megoldás vagy a WiFi, illetve más kommunikációs rendszerek alkalmazása eredményesebb lehet. Fontos figyelembe venni a tesztelés során kapott visszajelzést is, amely alapján az okostelefonos alkalmazásban a csatlakoztatni kívánt eszközök nevének egyértelműnek kell lennie.

Ipari környezetben történő használat esetén szükséges a telefonos applikáció fejlesztése is. A jelenlegi kijelző egyértelmű információt ad az operátornak, hogy mit kell tennie, de a felhasználói élmény tovább javítható a billentyűzet jobb elrendezésével, esetleg többképernyős rendszerre. Az alkalmazás tesztelése során visszajelzésként kaptam, hogy az alkalmazásban használt jelzőhangok hosszú távon zavaróak, ezeket a hangokat módosítani kell a további fejlesztés során. Az alkalmazást folyamatosan tesztelni kell a jövőbeni felhasználók, dolgozók bevonásával, és az ő észrevételeiket is figyelembe kell venni a végleges felület kialakításához. Az alkalmazást úgy kell továbbfejlesztetni, hogy több különböző telefontípusra és Android verzióra is optimalizálva legyen, hogy az operátorok által használt okostelefonok hardveres és szoftveres sajátosságai ne befolyásolják a meg-

jelenítést, illetve az alkalmazás egyéb működési jellemzőit. Információbiztonsági szempontokat is figyelembe kell venni, jelszavas védelemmel lehet ellátni az alkalmazás indítását, vagy az összeszerelő gépekhez való csatlakozás lehetőségét.

Hosszú távú fejlesztési lehetőségként felmerült az is, hogy már az új összeszerelő gép tervezésekor és megvalósításakor beépítsünk olyan eszközöket, amelyek megkönnyítik a további fejlesztéseket. Az új gépeket el lehetne látni 5V-os kimenetekkel, amelyek a gép állapotát ezen a feszültség szinten is továbbítanák, így nem lenne szükség a feszültség szintek illesztésére. Ugyancsak beépítésre kerülhetne Bluetooth vagy WiFi modul, amelyek megvalósítanák a kommunikációt, a jelek további feldolgozásához csak az okostelefonra és az alkalmazásra lenne szükség. Fontos, hogy mielőtt az összeszerelő gépek kialakítását ilyen módon megváltoztatjuk, ki legyen dolgozva a több összeszerelő gépet kezelni képes rendszer, és a végleges okostelefonos alkalmazás. Minden fejlesztést úgy kell a rendszerbe illeszteni, hogy figyelembe vesszük a felhasználói felület, és ezen keresztül az operátor igényeit is. Ezzel elkerülhetjük, hogy az ergonómia szempontok háttérbe szoruljanak a rendszer végleges kialakítása során.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban egy automata összeszerelő géppel történő gyártási folyamatot elemeztem ergonómiai szempontok szerint. A rendelkezésemre álló források segítségével megismertem az ergonómikus munkahely kialakításának feltételeit, illetve egy munkahely vizsgálatának ergonómiai szempontjait. Kutatásom középpontjában az ember és a gép közötti kommunikáció állt. Azt szerettem volna megtudni, hogy milyen hatékonyan tudja a dolgozó felismerni a gép állapotában bekövetkező változásokat, milyen gyorsan tud rájuk reagálni, és eközben mennyire megterhelő számára az ilyen jellegű munkavégzés. Az M58 összeszerelő gépen elvégzett vizsgálat eredményi azt mutatták, hogy a munkahely és az összeszerelő gép kialakítása segíti a hatékony munkavégzést. Azonban, vannak olyan hatások, amelyek megnehezítik a vagy kényelmetlenné teszik a dolgozó számára az összeszerelő géptől kapott jelzések felismerését és a beavatkozás elvégzését. Az összeszerelő gépen elvégzett tesztgyártás során kiderült, hogy a szerelési folyamat hatékonyságát is csökkenti, ha a dolgozó nem kap időben jelzést a gép állapotát érintő változásokról.

Ezután az összeszerelő folyamat vizsgálata során feltárt hiányosságokra kerestem egyszerű, könnyen megvalósítható megoldásokat. Egyik lehetőségként az összeszerelő gép PLC programjának és HMI vezérlő programjának módosításával javítani tudtunk az információk kijelzésének hatékonyságán. Ezáltal a dolgozó könnyebben tudja értelmezni a kijelzőn megjelenő információkat. Emellett, egy olyan eszköz tervezése mellett döntöttem, amely akkor is képes információt adni az operátornak az összeszerelő gép állapotáról, amikor a dolgozó nincs a gép mellett vagy sok zavaró hatás éri a munkaterületen működő többi összeszerelő gép miatt. Az M58 Jeltovábbító eszközből és az M58 Gépállapot figyelő alkalmazásból álló rendszer alkalmas arra, hogy a jeltovábbítót az összeszerelő géphez csatlakoztatva jelet küldjön az operátor mobiltelefonjára, az pedig figyelmeztesse a dolgozót a beavatkozás szükségességére és információt biztosítson a beavatkozás jellegéről is. A tesztelés eredménye alapján elmondható, hogy a dolgozat eredeti célját sikerült megvalósítani, a létrehozott rendszer egyszerűbbé és kényelmesebbé teszi a munkavégzést az M58 összeszerelő gépen. A további fejlesztési lehetőségek megvalósításával pedig egy olyan mikrokontrolleres alapú megjelenítő eszköz hozható létre, amely tovább növeli a munkahely ergonómiáját.

7. SUMMARY

In my thesis, I analysed a production process of an automatic assembly machine, according to ergonomic aspects. With the help of the resources was available to me, I got to know the requirements for creating an ergonomic workplace, as well as the ergonomic aspects of inspection a workplace. In the focus of my research was the communication between man and machine. I wanted to know how effectively the worker can detects changes in the state of the assembly machine, how quickly she can react to this changes, and how stressful this kind of work for her. The results of the test of the M58 assembly machine showed that the design of the workplace and the assembly machine helps efficient work. But, on the other hand, there are effects what make difficult or uncomfortable for the worker to detect the signals are received from the machine and to carry out the intervention. During the test production on the assembly machine, was found that the efficiency of the assembly process is reduced if the worker not receives a signal in time about changes what affecting the state of the machine.

Then, I looked for simple, easy-to-implement solutions to the shortcomings discovered during the examination of the assembly process. First, we modified the the assembly machine's PLC program and HMI control program, therefore the efficiency of information display was improved. Secondly, I decided to design a device that can provide the operator with information about the status of the assembly machine when the worker is not near to the machine or she disturbed by other assembly machines operating. The system of the M58 Signal Transmitter device and the M58 Machine Status monitoring application is suitable for connecting the signal transmitter to the assembly machine and sending a signal to the operator's mobile phone, which in warns the worker of the necessary intervention and also inform her about the type of the intervention.

Based on the results of the testing, it can be said that the goal of the thesis was achieved, the system can makes work simpler and more convenient on the M58 assembly machine.. If implementing further development options, a microcontroller-based display device can be increases the ergonomics of the workplace.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A. Miklós, „Bevezetés az ergonómiába,” in *Ergonómia*, K. Hercegfi és L. Izsó , szerk., Budapest, Typotex Kiadó, 2008.
- [2] „Wikipédia: Ergonómia,” 14 szeptember 2023. [Online]. Available: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Ergon%C3%B3mia>. [Hozzáférés dátuma: 13 április 2024].
- [3] M. Gábor, „Az ergonómia gyakorlati alkalmazásai 3.: Ipari munkahelyek,” in *Ergonómia*, K. Hercegfi és L. Izsó, szerk., Budapest, Typotex Kiadó, 2008..
- [4] K. Hercegfi és E. Németh, „A fizikai és társas környezettel kapcsolatos ergonómiai alapelvek,” in *Ergonómia*, K. Hercegfi és L. Izsó, szerk., Budapest, Typotex Kiadó, 2008.
- [5] SparkFun Electronics, „Pro Micro & Fio V3 Hookup Guide,” [Online]. Available: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pro-micro--fio-v3-hookup-guide/hardware-overview-pro-micro>. [Hozzáférés dátuma: április 2020].
- [6] ITEad Studio, *HC-05 Bluetooth to Serial Port Module Datasheet*, 2010.
- [7] Texas Instruments, *LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz datasheet*, 2023.
- [8] „Arduino Digital pins,” 23. július 2023. [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc/learn/microcontrollers/digital-pins/>. [Hozzáférés dátuma: május 2024.].
- [9] „Arduino SoftwareSerial Library,” 15. június 2022.. [Online]. [Hozzáférés dátuma: április 2024].
- [10] „MIT APP INVENTOR,” 2024.. [Online]. [Hozzáférés dátuma: 2. május 2024.].

9. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra M58-as számú automata összeszerelő gép.....	4
2. ábra M58 összeszerelő gép toronylámpájának színjelzései	6
3. ábra M58 automata összeszerelő gép HMI-je.....	6
4. ábra M58 összeszerelő gép tesztfutásának eredménye	9
5. ábra A 'Hibalista' felirat pirosan villog ha az M58 összeszerelő gép megáll	17
6. ábra A hibalistában látható a hiba típusa, ebben az esetben géphiba.	17
7. ábra A hibalistában látható a hiba típusa, ebben az esetben alapanyaghiány	18
8. ábra A 8-as állomás lila színe jelzi, hogy a gép várakozik. Más hibajelzés nincs a kijelzőn.....	19
9. ábra M58 összeszerelő gép, 8. állomás CPA beérkezés és az S108.3 jelű termékfigyelő szenzor	22
10. ábra M58. összeszerelő gép HMI kijelzője a módosítás után alkatrész elakadás hiba esetében.....	24
11. ábra Az M58 számú összeszerelő gép kijelzője a módosítás után, gépállás hiba esetén	25
12. ábra M58 összeszerelő gépbe integrálható kommunikációs és megjelenítő eszköz elvi vázlata	28
13. ábra Toronylámpa jelzéseinek megjelenítése az okostelefonon	29
14. ábra Az M58 összeszerelő gép Toronylámpa elektromos terve	30
15. ábra Pro Micro fejlesztőpanel	31
16. ábra HC-05 Bluetooth modul.....	32
17. ábra LM2596 lefokozó DC-DC átalakító	32
18. ábra Jeltovábbító eszköz kapcsolási rajza.....	34
19. ábra Jeltovábbító algoritmus folyamatábrája	37
20. ábra Jeltovábbító eszköz tesztelése.....	38
21. ábra Jeltovábbító eszköz tesztelésnek eredménye a soros monitoron	40
22. ábra Jeltovábbító eszköz tesztelésnek eredménye az okostelefonon	41
23. ábra M58 Gépállapot figyelő alkalmazás bekapcsolás után, alaphelyzetben	45

24. ábra M58 Gépállapot figyelő alkalmazás kijelzője, ha Bluetooth kapcsolat nem lehetséges, illetve a kapcsolat létrejötte után megfelelő gépműködés esetén.....	46
25. ábra M58 Gépállapot figyelő alkalmazás kijelzője az összeszerelő gép különböző állapotainak megfelelően	46
26. ábra M58 Gépállapot figyelő alkalmazás megerősítő kérdés az alkalmazás bezárása előtt	47